

THESIS

BONN

1969

ÜBER DAS VERHALTEN DER ELEKTROLYTAUSSCHEIDUNG IM HARN
UND IHRE BEZIEHUNG ZUM SÄURE-BASEN-GLEICHGEWICHT
IM BLUT JUNGER SÄUGLINGE BEI SÄURE-BELASTUNGEN

Inaugural-Dissertation
zur
Erlangung des Doktorgrades
der
Hohen Medizinischen Fakultät
der
Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität
zu
Bonn

vorgelegt von
ROLF WORTMANN
aus
Bonn

B O N N 1 9 6 9



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA40153520_0143

ÜBER DAS VERHALTEN DER ELEKTROLYTAUSSCHIEDUNG IM HARN
UND IHRE BEZIEHUNG ZUM SÄURE-BASEN-GLEICHGEWICHT
IM BLUT JUNGER SÄUGLINGE BEI SÄURE-BELASTUNGEN

Inaugural-Dissertation
zur
Erlangung des Doktorgrades
der
Hohen Medizinischen Fakultät
der
Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität
zu
Bonn

vorgelegt von
ROLF WORTMANN
aus
Bonn

BONN 1969

Angefertigt mit Genehmigung der
Medizinischen Fakultät der Universität Bonn

Referent: Professor Dr. med. H. Weber

Korreferent: Professor Dr. med. H. Hungerland

Tag der mündlichen Prüfung: 9. Juli 1969

Aus der Kinderklinik der Universität Bonn
Direktor: Professor Dr. med. H. Hungerland

Druck: Gebr. Medinger, Bonn-Beuel

Meinen Eltern

Inhaltsübersicht

Seite

1. Einleitung	7
2. Eigene Untersuchungen	9
3. Laboratoriumsuntersuchungen	12
4. Ergebnisse	13
5. Diskussion	34
6. Zusammenfassung	42
Tabellen	44
Abbildungen	57
Literaturverzeichnis	79

Das Verhalten der Harnausscheidung der einwertigen Elektrolyte NH_4 , Na, K und Cl sowie der Titrationsacidität und ihre Beziehungen zum Verhalten der pH-, pCO_2 - und Standard-Bicarbonat-Werte im Blut junger Säuglinge bei Belastung mit NH_4Cl sowie bei Zugabe einer neutralen Natrium-Phosphat-Lösung.

1. Einleitung und Problemstellung

Die Zufuhr bestimmter anorganischer Salze, wie z. B. MgCl_2 , $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, CaCl_2 und NH_4Cl führen im Organismus bei genügend hoher Dosierung zu einer metabolischen Azidose. Sie wird durch die Funktion von Lunge und Niere im Laufe von Stunden oder Tagen kompensiert. Derartige Belastungen mit säuernden anorganischen Salzen werden in den letzten Jahren verschiedentlich vorgeschlagen zur Prüfung der Säureausscheidung der Nieren (5,7,9,10a,11,15,17,19,24,28,31,34,39,40,42,43,44). Die Untersuchungen ergeben im allgemeinen aber nur Aufschluß über die sog. Säureausscheidung ($\text{TA} + \text{NH}_4 - \text{HCO}_3$) und das Harn-pH (5,9,10a,17,19,31,34,38), d.h. über die Säureausscheidungsfähigkeit der Nieren.

VON RIMSCHA hat sich mit diesen Fragen kritisch auseinandergesetzt und festgestellt, daß die sog. Säureausscheidung allein kein geeignetes Kriterium zur Beurteilung der Reaktion der Säuglinge auf eine Belastung mit NH_4Cl darstellt. Seine Untersuchungen wiesen auf einen Zusammenhang zwischen der zugeführten NH_4Cl -Menge und den Standard-Bicarbonat-Werten im Blut (Tab. 1). Er verfolgte nach Säurekurzbelastungen das Verhalten der Nierenfunktion und fand, daß innerhalb seiner Beobachtungszeit von 8 Std. nur ein geringer Teil des mit NH_4Cl zugeführten Cl ausgeschieden wurde, und daß darüber hinaus vermehrt Na ausgeschieden wurde.

Nach 8 Std. war also nicht nur ein erheblicher Teil des Cl im Organismus verblieben, sondern auch durch die Mehrausscheidung von Na ein Basenverlust entstanden. VON RIMSCHA hat dies im Körper verbliebene Cl und den Basenverlust addiert und die Summe als "Säureüberschuß" bezeichnet (Tab. 2). Nach 24 Std. war das Standard-Bicarbonat etwa zur Norm zurückgekehrt, die Azidose also im milieu intérieur beseitigt.

Uns erscheint darüber hinaus interessant, wie lange die Azidose bei Säuglingen im Blut besteht und auf welche Weise sie kompensiert wird. Zu diesem Zweck soll die Harnausscheidung der einwertigen Elektrolyte NH_4 , Na, K und Cl und TA über einen längeren Zeitraum als zuvor untersucht werden. Insbesondere interessiert, ob die Ausscheidung des vermehrt zugeführten Cl bis zur Normalisierung des Standard-Bicarbonats erfolgt ist und die Art der Kompensation des Cl bei wiederholter Belastung. Weiterhin ist die Beziehung einer unvollständigen Cl-Ausscheidung und einer zusätzlichen Mehrausscheidung von Na zum Verhalten der Standard-Bicarbonat-Werte zu prüfen und festzustellen, welche Rolle eine Mehrausscheidung von Titrationsacidität für das Verhalten der Standard-Bicarbonat-Werte im Blut spielt.

2. Eigene Untersuchungen

Probanden und Methode der Belastung

Zu den Untersuchungen wurden insgesamt 8 reifgeborene, stoffwechselgesunde Säuglinge im Alter von 16 bis 78 Tagen herangezogen. Die Untersuchungen selbst wurden auf der Stoffwechselabteilung unter Bilanzbedingungen durchgeführt. Wir führten Kurzbelastungen mit NH_4Cl in einer Menge von $112 \text{ mmol}/1,0 \text{ m}^2 \text{ KO}$ durch. Die Berechnung der Körperoberfläche erfolgte nach dem Normogramm von DuBOIS. Die säuernde Wirkung von NH_4Cl beruht darauf, daß NH_4 in Form von Harnstoff neutralisiert wird und das auf diese Weise freigesetzte Cl eine Azidose bewirkt.

An den Belastungstagen wurde der von VON RIMSCHA beschriebene Untersuchungsgang beibehalten: Die Säuglinge erhielten in der Zeit zwischen 5 und 6 Uhr ihre erste Mahlzeit. Statt der zweiten Mahlzeit wurde die jeweils errechnete NH_4Cl -Menge gelöst in der einer normalen Mahlzeit entsprechenden Menge Fenchel-Tee mit 5 % Glucose verabreicht. Anschließend erhielten die Säuglinge die üblichen Mahlzeiten. Der Harn wurde bei allen Säuglingen mindestens an einem Vortag, am Belastungstag und an mindestens einem Nachtag quantitativ gesammelt. Der Harn wurde mittels anklebbarer Plastikbeutel aufgefangen und durch ein Schlauchsystem in Kunststoff-Flaschen geleitet, die in Dewar-Gefäßen in Eis standen. An den Vortagen und Nachtagen wurde der Harn zum Teil in 2 12-Stunden-Perioden aufgeteilt, zum Teil auch zu einer 24-Stunden-Periode vereinigt. An den Belastungstagen wurde der Morgenharn getrennt gesammelt, dann über die ersten 8 Stunden nach der Belastung je 2-Stunden-Portionen und anschließend die gesamte Nachtportion einzeln aufgesammelt.

Um die eingangs gestellten Fragen zu beantworten, wurden folgende Einzeluntersuchungen durchgeführt:

Gruppe Ia:

Zunächst wurde geprüft, in welcher Zeit nach einer einmaligen Belastung mit $112 \text{ mMol NH}_4\text{Cl}/1,0 \text{ m}^2 \text{ KO}$ sich die Tagesausscheidung der einwertigen Elektrolyte NH_4 , Na, K und Cl wieder etwa auf die Werte vor der Belastung einstellt, wie sich die Harnausscheidung nach einer einmaligen Belastung mit der gleichen Menge NH_4Cl an 2 aufeinanderfolgenden Tagen verhält und in welcher Zeit sie sich wieder normalisiert. Diese Untersuchung wurde bei dem Kind W.H. während Ernährung mit Alete 1 durchgeführt; sie erstreckte sich über insgesamt 11 Tage. Bei Beginn der Untersuchung war das Kind 42 Tage alt und wog 4.450 g.

Gruppe Ib:

Bei 4 weiteren Kindern wurde das Verhalten der Harnausscheidung bei einmaliger Belastung mit je $112 \text{ mMol NH}_4\text{Cl}/1,0 \text{ m}^2 \text{ KO}$ an 2 aufeinanderfolgenden Tagen während Ernährung mit NAN untersucht. Diese Kinder hatten bei Beginn der Untersuchung folgendes Alter und Gewicht:

Kind	Alter	Gewicht
1) M. E.	75 Tage	4.540 g
2) F. A.	38 Tage	3.420 g
3) K. J.	78 Tage	4.570 g
4) V. M.	77 Tage	5.870 g

Bei den in der Gruppe II angeführten Säuglingen sollte untersucht werden, ob sich nach einer Säurebelastung eine einfache Beziehung zwischen der Ausscheidung der Titrationsacidität und dem Verhalten des Standard-Bicarbonat im Blut erkennen läßt.

Da die Titrationsacidität des Harns zu einem erheblichen Teil mit der Phosphat-Ausscheidung korreliert (siehe z. B. 21), erhielten die Säuglinge außer NH_4Cl auch zusätzlich Phosphat in Form einer neutralen Na-Phosphatlösung. Diese bestand aus einem Gemisch aus 62,5 % einer molaren Na_2HPO_4 -Lösung und 37,5 % einer molaren NaH_2PO_4 -Lösung. Das pH der Lösung betrug 7,0; es wurde mit der Glaselektrode kontrolliert.

Gruppe IIa:

Bei dem Kind P.B., das bei Beginn der Untersuchung 22 Tage alt war und 4.450 g wog, wurde während Ernährung mit Alele 1 zunächst eine Belastung mit $112 \text{ mMol NH}_4\text{Cl}/1,0 \text{ m}^2 \text{ KO}$ und nach einem Intervall von einem Tag eine erneute Belastung mit der gleichen Menge NH_4Cl pro $\text{m}^2 \text{ KO}$ und einem Zusatz der neutralen Na-Phosphat-Lösung von $112 \text{ mÄq HPO}_4/\text{m}^2 \text{ KO}$ durchgeführt. Anschließend wurde das Kind auf Pelargon umgesetzt und nach einem Intervall von 3 Tagen nochmals bei dieser Nahrung die gleiche Untersuchung vorgenommen.

Bei einer Gruppe von 2 Säuglingen wurde der Untersuchungsgang insofern modifiziert, als nach einer einmaligen Belastung mit $112 \text{ mMol NH}_4\text{Cl}/1,0 \text{ m}^2 \text{ KO}$ nach einem Intervall von 2 Tagen mit der Zufuhr der neutralen Na-Phosphat-Lösung begonnen wurde. Diese wurde in einer Menge, die $112 \text{ mÄq HPO}_4/\text{m}^2 \text{ KO}$ entsprach, dem Wasser, mit dem die Nahrungen aufgelöst wurden, zugesetzt und so über 3 Tage mit der üblichen Nahrung verabreicht.

Am 2. Tag wurde dann eine Belastung mit $112 \text{ mMol NH}_4\text{Cl}/\text{kg KG}$ vorgenommen. Alter und Gewicht der 2 Säuglinge bei Beginn der Untersuchung sind nachstehend angeführt.

Gruppe IIb:

Kind	Alter	Gewicht
1) W. M.	16 Tage	3.280 g
2) M. C.	63 Tage	4.175 g

Während der ganzen Dauer der Untersuchungen wurde das Säure-Basen-Gleichgewicht im Blut mit der Astrup-Mikromethode kontrolliert. An den Vor- und Nachtagen wurde die Untersuchung jeweils vormittags um 9 Uhr durchgeführt, an den Belastungstagen außerdem über 8 Stunden in jeweils 2-Stunden-Abständen nach der Belastung.

3. Laboratoriumsuntersuchungen

Das Säure-Basen-Gleichgewicht im Blut wurde mit der Astrup-Mikromethode bestimmt. Das Prinzip dieser Methode beruht auf der Messung des pH-Wertes, der gleichen Blutprobe nach Äquilibrieren mit verschiedenen CO_2 -Drucken bei voller O_2 -Sättigung sowie der Bestimmung des aktuellen pH. Mit diesen 3 Meßwerten lassen sich in dem von SIGGAARD-ANDERSEN und ENGEL konstruierten Normogramm das aktuelle pCO_2 und das Standard-Bicarbonat ablesen.

Im Harn wurden pH, Titrationsacidität, NH_4 , Na, K und Cl bestimmt. Harn-pH, Titrationsacidität und NH_4 wurden unmittelbar nach dem Auswechseln der Harnflaschen bestimmt, bis zur Durchführung der übrigen Bestimmungen wurde der Harn in tiefgefrorenem Zustand aufbewahrt und jeweils unter kaltem, fließendem Wasser aufgetaut.

pH und Titrationsacidität wurden mit dem Potentiographen E 336 in Verbindung mit dem Multititrierstand E 436 E bestimmt. Die Meßkette besteht bei diesem Gerät ebenfalls aus einer Glaselektrode und einer gesättigten Kalomel-Elektrode. Die Titrationsacidität wurde in üblicher Weise durch Titration vom gegebenen pH bis zu pH 7,4 bei Zimmertemperatur bestimmt. Lag das Ausgangs-pH niedriger als 7,4, wurde zur Titration NaOH verwendet und die Acidität mit den positiven Werten angegeben. Lag das Ausgangs-pH höher als 7,4, wurde mit HCl titriert und die Titrationsacidität als negativer Wert angegeben.

NH_4 wurde nach der Methode von FINCUS in der Modifikation von SCHMIDT bestimmt: Das Untersuchungsgut wurde mit Na_2CO_3 -Lösung versetzt und das freigesetzte NH_3 bei leichtem Unterdruck in eine Vorlage mit Borsäure und einem Universal-Indikator überdestilliert. Die zur Rücktitration bis zum ursprünglichen Farbton benötigte HCl-Menge entspricht der überdestillierten Menge NH_4 .

Na und K wurden flammenphotometrisch mit Zeiss-Elco bestimmt.

Chlor wurde potentiometrisch mit AgNO_3 unter Verwendung einer Silberelektrode mit Hilfe des Potentiographen E 336 bestimmt.

4. Ergebnisse

Gruppe Ia:

Bei dem Kind W.H. wurde während Ernährung mit Alete 1 nach einem Vortag zunächst eine einmalige Belastung mit $112 \text{ m Mol NH}_4\text{Cl}/1,0 \text{ m}^2 \text{ KO}$ und nach einem Intervall von 5 Tagen an 2 aufeinanderfolgenden Tagen je eine einmalige Belastung mit der gleichen Menge NH_4Cl durchgeführt und dann der Harn über 4 anschließende Tage weiter untersucht.

Am Vortag und bei der Untersuchung vor der Belastung stimmen die pH- , $\text{pCO}_2\text{-}$ und Standard-Bicarbonat-Werte im Blut weitgehend überein. Die verabreichte NH_4Cl -Menge errechnet sich auf $5,47 \text{ m Mol/kg KG}$. Nach der Belastung fällt das Standard-Bicarbonat um $5,5 \text{ m äq/l}$ ab und steigt langsam wieder an. Der Abfall entspricht etwa der pro kg KG zugeführten Menge NH_4Cl . Am Nachtag ist das Standard-Bicarbonat im Blut wieder deutlich angestiegen, liegt jedoch mit $21,8 \text{ m äq/l}$ um $1,0 \text{ m äq/l}$ unter dem Ausgangswert des Belastungstages (Abb.1).

Im Harn steigt die Cl-Ausscheidung schon in der ersten 2-Stunden-Periode deutlich an und erreicht in der zweiten 2-Stunden-Periode ihr Maximum, geht dann langsam zurück und fällt in den Nachtstunden nochmals deutlich ab. In den ersten 9 Stunden nach der Belastung werden $2,58 \text{ m äq Cl/kg KG}$ ausgeschieden, in den anschließenden 12 Nachtstunden $0,898 \text{ m äq/kg KG}$. Gegenüber dem Vortag ergibt sich insgesamt eine Mehrausscheidung von $2,21 \text{ m äq/kg KG}$. Wird außerdem berücksichtigt, daß am Belastungstage eine Mahlzeit ausfällt, die Basiszufuhr an Cl also um etwa 20 % vermindert ist, so errechnet sich eine Mehrausscheidung von $2,532 \text{ m äq/kg KG}$. Die Na-Ausscheidung verhält sich etwa gleichsinnig wie die Cl-Ausscheidung ; die größte Steigerung liegt ebenfalls in der 2. bis 4. Stunde nach der Belastung. In den Nachtstunden ist der Abfall der Na-Ausscheidung wesentlich größer als der der Cl-Ausscheidung . Die K-Ausscheidung fällt zunächst leicht ab, steigt dann etwas an, fällt nochmal deutlich ab und erreicht in der 6. bis 9. Stunde ihr Maximum, in der Nacht fällt sie wieder deutlich ab.

Die NH_4 -Ausscheidung steigt schon in der ersten 2-Stunden-Periode deutlich an, in der nächsten 2-Stunden-Periode nochmals und am stärksten in der Zeit von der 6. bis 9. Stunde. In der Nacht geht die NH_4 -Ausscheidung insgesamt etwas zurück, jedoch wesentlich weniger als die Cl-Ausscheidung und die Na- und K-Ausscheidung (Abb. 2)

Bei diesem Kind kommt es in den Nachtstunden nicht zu einer Steigerung der Cl-Ausscheidung, sondern im Gegenteil zu einem Rückgang. Die Mehrausscheidung von Cl wird in den Nachtstunden hauptsächlich durch eine Steigerung der NH_4 -Ausscheidung kompensiert, während die Na-Ausscheidung wesentlich stärker zurückgeht. Bei einer Mehrzufuhr von 5,47 mÄq Cl werden nur 2,53 Cl im Harn vermehrt ausgeschieden, bei vollständiger Resorption des Cl wäre also eine Retention von 2,94 mÄq/kg KG anzunehmen. Dazu wäre noch die Mehrausscheidung von 0,96 mÄq Na zu rechnen, welche einen Basenverlust bedeutet, so daß sich der "Säureüberschuß" auf 3,90 mÄq/kg KG beläuft.

Die Ausscheidung der TA geht am Belastungstag gegenüber dem Vortag gering zurück, ebenso die Ausscheidung von HPO_4 und auch die Ausscheidung von K, wie aus Tab. 3 zu ersehen ist.

Am Nachtag geht die Cl-Ausscheidung gegenüber dem Belastungstag deutlich zurück, ist jedoch immer noch um die Hälfte größer als am Vortag. Die Na-Ausscheidung geht ebenfalls stark zurück, ist jedoch fast noch dreimal so groß wie am Vortag. Die K-Ausscheidung, die am Belastungstag praktisch gleich war wie am Vortag, geht nun deutlich zurück auf fast die Hälfte des Vortagswertes, während die NH_4 -Ausscheidung gegenüber dem Belastungstag deutlich ansteigt und mehr als das Doppelte des Vortages erreicht. Die TA-Ausscheidung ist leicht angestiegen.

Am 2. Tag nach der Belastung ist die Cl-Ausscheidung etwa auf den Vortagswert zurückgegangen, während die Ausscheidung von Na und K unter den Vortagswert abgesunken ist. Die NH_4 -Ausscheidung ist deutlich zurückgegangen, liegt jedoch immer noch wesentlich über dem Vortagswert, während die TA-Ausscheidung nur noch gering über

dem Vortagswert liegt. In der folgenden 2-Stunden-Periode nach der Belastung erreicht die Cl-Ausscheidung ein etwa gleichbleibendes Niveau, ebenso die K-Ausscheidung, während die Na-Ausscheidung wieder deutlich ansteigt. Die NH_4 -Ausscheidung steigt wieder leicht an und fällt am 5. Tag nach der Belastung etwa wieder auf den Ausgangswert ab, die TA-Ausscheidung verhält sich etwa gleichsinnig.

Am Vortag der 2. Belastungsserie hat das Säure-Basen-Gleichgewicht im Blut mit einem pH von 7,37, einem pCO_2 von 40,0 mm Hg und einem Standard-Bicarbonat von 22,3 mEq/l. etwa wieder die Ausgangswerte erreicht. Am folgenden Tag bei der 2. Belastung ist das pH und das Standard-Bicarbonat wieder etwas angestiegen, das pCO_2 gleich geblieben. Nach der Verabreichung von NH_4Cl (5,01 mmol/kg KG) fällt das Standard-Bicarbonat sehr stark ab von 23,0 auf 16,2 mEq/l; der Abfall des Standard-Bicarbonats errechnet sich auf 6,8 mEq/l. Der Tiefstwert wird 4 Stunden nach der Verabreichung von NH_4Cl erreicht, anschließend steigt das Standard-Bicarbonat wieder an, liegt am folgenden Morgen jedoch mit 19,0 mEq/l um 4 mEq/l unter dem Ausgangswert (Abb.3).

Im Harn geht die Cl-Ausscheidung zunächst gering zurück, steigt dann aber sehr stark an und erreicht bei dieser Untersuchung erst in der dritten 2-Stunden-Periode das Maximum. In der nächsten 2-Stunden-Periode geht die Ausscheidung von Cl deutlich zurück und in der Nacht nochmals stark. Im Vergleich zur vorangegangenen Säurebelastung ist die Cl-Ausscheidung sowohl über die ersten 8 Stunden nach der Belastung wie auch in der Nacht wesentlich größer, jedoch ist die Ausscheidung in den Nachtstunden ebenfalls geringer als die innerhalb der ersten 8 Stunden nach der Belastung. Die Na-Ausscheidung verhält sich auch diesmal etwa gleich wie die Cl-Ausscheidung, sie ist in der ersten 2-Stunden-Periode das Maximum, um dann wieder stärker abzufallen. Die K-Ausscheidung geht zunächst ebenfalls zurück, steigt in der zweiten 2-Stunden-Periode wieder auf etwa den Ausgangswert an und in der nächsten 2-Stunden-Periode gleichsinnig mit der Ausscheidung von Cl und Na auf etwa das Dreifache des Ausgangswertes, fällt dann wieder deutlich ab. Die NH_4 -Ausscheidung fällt zunächst sehr stark ab, steigt dann

in der nächsten 2-Stunden-Periode deutlich an und in der dritten 2-Stunden-Periode nochmals weiter auf etwa das Doppelte des Ausgangswertes, fällt dann leicht ab und steigt in der Nacht wieder an. Die TA-Ausscheidung fällt in der ersten und zweiten 2-Stunden-Periode deutlich ab, steigt dann etwas an, fällt anschließend wieder unter die Ausgangswerte ab (Abb.4).

Beim Vergleich der Tagesausscheidung (Tab.3) ergeben sich gegenüber der ersten Belastung sehr deutliche Unterschiede. Die Cl-Ausscheidung ist um mehr als 1 mäs/kg KG stärker angestiegen als bei der ersten Belastung, ebenso die Ausscheidung von Na, K und NH_4 , während die Ausscheidung der TA leicht zurückgegangen ist.

Die Berechnung der Mehrausscheidung von Cl bei Berücksichtigung einer etwa um 20 % verminderten Zufuhr ergibt 3,695 mäs/kg KG; bei einer Zufuhr von 5,31 mäs/kg KG ergibt sich eine Minderausscheidung von 1,615 mäs/kg KG. Die Mehrausscheidung von Na ist bei dieser Belastung jedoch wesentlich größer; sie errechnet sich auf 2,20 mäs/kg KG und diesmal fällt auch die Mehrausscheidung von K ins Gewicht, die sich auf 1,05 mäs/kg KG errechnet. Die Minderausscheidung von Cl und die Mehrausscheidung von Na und K ergeben insgesamt einen "Säureüberschuß" von 4,865 mäs/kg KG.

Bei der am nächsten Tag durchgeführten NH_4Cl -Belastung wurden 5,36 mMol NH_4Cl /kg KG verabreicht. Der Standard-Bicarbonat-Wert, der nur auf 19,0 mäs/l angestiegen war, fällt nun sehr stark ab auf einen Minimalwert von 12,8 mäs/l, so daß sich eine Differenz von 6,2 mäs/l ergibt. Über die Untersuchungsperiode von insgesamt 8 Stunden steigt der Standard-Bicarbonat-Wert nur gering an und auch am Nachtag liegt er mit 15,7 mäs/l um 3,3 mäs/l unter dem Ausgangswert des zweiten Belastungstages. Entsprechend sind auch die pH- und die pCO_2 -Werte stark abgefallen, wobei vor allem der Abfall der pCO_2 -Werte auf eine deutliche respiratorische Kompensation hinweist (Abb.3).

Die Cl-Ausscheidung, die schon vor der Belastung gegenüber dem Vortag hoch ist, steigt in der ersten 2-Stunden-Periode kaum an, jedoch sehr steil in der zweiten 2-Stunden-Periode. Auch am

zweiten Belastungstag erfolgt dann wieder ein Abfall und vor allem in der Nacht ein deutlicher Rückgang gegenüber der Ausscheidung in den ersten 8 Stunden nach der Verabreichung von NH_4Cl . Die Na-Ausscheidung verhält sich auch am 2. Belastungstag entsprechend der Cl-Ausscheidung; sie erreicht ebenfalls in der zweiten 2-Stunden-Periode nach der Belastung ihren Höhepunkt, fällt dann aber stark ab und liegt in der Nacht deutlich über dem gegenüber der Vorperiode am 1. Belastungstag allerdings deutlich erhöhten Wert der Vorperiode. Auch die K-Ausscheidung steigt nochmals deutlich an und etwa gleichsinnig mit der Ausscheidung von Na und Cl, fällt dann aber vor allem in den Nachtstunden wieder erheblich ab. Die NH_4 -Ausscheidung verhält sich zunächst gleichsinnig wie die Ausscheidung von Na und K, d. h. mit einem sehr starken Anstieg in der zweiten 2-Stunden-Periode nach der Belastung, fällt in der dritten 2-Stunden-Periode deutlich ab und steigt dann wieder stark an. Dadurch ergibt sich eine Nachtausscheidung, die größer ist als die Ausscheidung in den ersten 8 Stunden nach der Belastung. Die TA-Ausscheidung dagegen ändert sich im Laufe des Belastungstages kaum (Abb.4).

Die Tagesausscheidung (Tab.3) läßt als auffallendsten Befund eine weitere Steigerung der Cl-Ausscheidung und der NH_4 -Ausscheidung jedoch auch nochmals eine Steigerung der Na-Ausscheidung erkennen, während die K-Ausscheidung zwar gegenüber dem ersten Belastungstag etwas zurückgegangen, gegenüber dem Ausgangswert vom Vortag jedoch noch deutlich erhöht ist. Am 2. Belastungstag ist auch die HPO_4 -Ausscheidung deutlich angestiegen.

Die Mehrausscheidung von Cl errechnet sich auf 5,78 mÄq/kg KG, d. h. 0,42 mÄq mehr als die Cl-Zufuhr mit NH_4Cl beträgt. Die Mehrausscheidung von Na errechnet sich jedoch auf 2,69, die von K auf 1,11 mÄq/kg KG, so daß sich insgesamt ein "Saureüberschuß" von 3,38 mÄq/kg KG ergibt.

Am Nachttag geht die Ausscheidung von Cl sehr stark zurück, liegt jedoch mit 2,93 mÄq/kg KG immer noch erheblich über der Cl-Ausscheidung des Vortages (1,31 mÄq/kg KG). Die K-Ausscheidung geht

ebenfalls deutlich zurück und liegt mit 1,19 mÄq/kg KG gering unter der des Vortages. Am stärksten geht die Na-Ausscheidung zurück auf 0,189 mÄq/kg KG, also fast auf die Hälfte des Vortages, während die NH_4 -Ausscheidung noch leicht ansteigt.

Am folgenden Tag geht die Ausscheidung von Cl nochmals deutlich zurück, liegt aber immer noch fast doppelt so hoch wie am Vortag. Die Ausscheidung von K ist wieder leicht angestiegen und hat wieder etwa das Niveau des Vortages erreicht, während die Ausscheidung von Na nochmals sehr deutlich zurückgegangen ist und mit 0,035 mÄq/kg KG nur etwa 1/10 der Ausscheidung des Vortages beträgt. Die Ausscheidung von NH_4 ist ebenfalls deutlich zurückgegangen, liegt jedoch mit 6,764 gegenüber dem Vortag immer noch relativ hoch. Die Ausscheidung der TA hat sich dagegen nicht wesentlich geändert.

Am folgenden Tag, am 14. 6., ist die Cl-Ausscheidung nochmals etwas zurückgegangen, liegt jedoch immer noch wesentlich höher als am 9. 6. Die K-Ausscheidung ist nochmals angestiegen, während die Na-Ausscheidung noch weiter zurückgegangen ist. Die NH_4 -Ausscheidung ist ebenfalls zurückgegangen, liegt mit 5,733 mÄq/kg KG jedoch immer noch erheblich über dem Vortagswert.

Am 4. Tag nach der Belastung ist die Cl-Ausscheidung weiter zurückgegangen, liegt mit 1,855 jedoch immer noch über dem Wert vom 9.6. Die K-Ausscheidung ist nochmals angestiegen und liegt mit 2,525 mÄq/kg KG wesentlich höher als am 9.6. mit 1,388 mÄq/kg KG. Die Na-Ausscheidung ist gering angestiegen, liegt jedoch immer noch weit unter dem Wert vom 9. 6. Die NH_4 -Ausscheidung ist weiter abgefallen, liegt jedoch noch deutlich über dem Wert vom 9. 6., während sich die TA-Ausscheidung nur gering geändert hat.

Im Blut hat sich das Säure-Basen-Gleichgewicht am 14. 6. wieder völlig normalisiert mit einem pH von 7,38, einem pCO_2 von 41,5 mm Hg und einem Standard-Bicarbonat-Wert von 23,3 mÄq/l. Am 15. 6. ist der Standard-Bicarbonat-Wert auf 24,5 mÄq/l angestiegen, das pH auf 7,36 abgefallen und das pCO_2 auf 48 mm Hg angestiegen.

Gruppe Ib:

Diese Gruppe umfaßt 4 Säuglinge im Alter von 38 bis 78 Tagen, bei denen während Ernährung mit NAN jeweils nach einem Vortag an 2 aufeinanderfolgenden Tagen Belastungen mit je $112 \text{ mMol NH}_4\text{Cl}$ pro $1,0 \text{ m}^2 \text{ KO}$ durchgeführt und anschließend die Untersuchung über mindestens einen Nachttag fortgesetzt wurde. 3 der Kinder haben nach NH_4Cl -Zufuhr etwas erbrochen. Das Erbrochene wurde aufgefangen und darin das Chlor bestimmt und diese Menge bei der Berechnung der Zufuhr abgezogen.

Von dem Kind M.E. sind die Blutwerte in Abb.5 die auf kg KG und Stunde berechneten Werte der Harnausscheidung in Abb.6 die jeweils auf 24 Stunden bezogene Gesamt-Ausscheidung im Harn in Tab.4 angegeben. Wie aus Abb.5 zu ersehen ist, fallen nach der ersten Belastung sowohl das pH als auch das Standard-Bicarbonat sehr stark ab. pH und Bicarbonat steigen in den folgenden Stunden rasch an, das pH erreicht am nächsten Morgen den Ausgangswert, während das Bicarbonat mit $22,1 \text{ mEq/l}$ um $1,3 \text{ mEq/l}$ unter dem Ausgangswert bleibt. Am 2. Belastungstag errechnet sich die Zufuhr auf insgesamt $5,82 \text{ mMol NH}_4\text{Cl/kg KG}$; es erfolgt wiederum ein sehr rascher und steiler Abfall des Standard-Bicarbonates um 7 mEq/l und ein entsprechender Abfall des pH. Auch nach der 2. Belastung steigt die Bicarbonat-Konzentration im Blut relativ rasch an und liegt 24 Stunden nach der Belastung mit $21,4 \text{ mEq/l}$ nur um $0,7 \text{ mEq/l}$ unter dem Ausgangswert des 2. Belastungstages.

Bei der auf kg KG und Stunde berechneten Harnausscheidung fällt auf, daß die Cl-Ausscheidung in der Vorperiode zwischen 6 und 9 Uhr wesentlich größer ist als am Vortag und mit einer Mehrausscheidung von NH_4 und Na einhergeht. Gleichzeitig steigt das Harn-pH deutlich an. Nach der Verabreichung von NH_4Cl steigt das Harn-pH weiter an und die Ausscheidung aller bestimmten Harnbestandteile geht zurück. In der dritten 2-Stunden-Periode nach der NH_4Cl -Gabe steigt die Cl-Ausscheidung deutlich an; sie geht mit einer Mehrausscheidung von Na und zum Teil auch K einher, während die Ausscheidung von NH_4 und von HPO_4 zurückgeht. In der nächsten

2-Stunden-Periode steigt die Cl-Ausscheidung stark an; der Anstieg geht mit einem gleichsinnigen Anstieg der K-Ausscheidung und der NH_4 -Ausscheidung einher, während die Na-Ausscheidung leicht zurückgeht. Auch die HPO_4 -Ausscheidung nimmt jetzt deutlich zu, gleichzeitig auch die Ausscheidung der TA. In den anschließenden Nachtstunden geht die pro kg und Stunde berechnete Cl-Ausscheidung stark zurück auf etwa den Ausgangswert vor der Belastung, ebenso die K-Ausscheidung, während die Na-Ausscheidung wesentlich stärker zurückgeht und die NH_4 -Ausscheidung relativ hoch bleibt. In den Morgenstunden des 2. Belastungstages von 6 bis 9 Uhr steigt die Cl-Ausscheidung wieder deutlich an, gleichzeitig auch die HPO_4 -Ausscheidung. Die Na-Ausscheidung ändert sich nur wenig, während die K-Ausscheidung deutlich und die NH_4 -Ausscheidung stark ansteigt.

In der ersten 2-Stunden-Periode nach der 2. Belastung geht die Cl-Ausscheidung leicht zurück, ebenfalls die Ausscheidung von NH_4 , K und HPO_4 , während die Na-Ausscheidung leicht ansteigt. In der zweiten 2-Stunden-Periode steigt die Cl-Ausscheidung sehr stark an, während die HPO_4 -Ausscheidung praktisch gleich bleibt. Gleichzeitig steigt auch die Na-Ausscheidung stark an, die K-Ausscheidung deutlich, die NH_4 -Ausscheidung jedoch nur gering. In der nächsten 2-Stunden-Periode geht die Ausscheidung aller bestimmten Bestandteile deutlich zurück. In den anschließenden Nachtstunden kommt es zu einem geringen Anstieg der Cl-Ausscheidung und gleichzeitig zu einem starken Anstieg der HPO_4 -Ausscheidung. Die Ausscheidung von Na geht nun auf ein Minimum zurück, ebenso geht die K-Ausscheidung gering zurück, während die NH_4 -Ausscheidung deutlich ansteigt. Am Nachtag geht die auf kg und Stunde bezogene Ausscheidung aller bestimmten Elektrolyte zurück, die HPO_4 -Ausscheidung etwa auf den Wert des Vortages, die Na- und K-Ausscheidung sind dagegen wesentlich niedriger als am Vortag, während die Ausscheidung von Cl und NH_4 höher bleiben als am Vortag.

Auf jeweils 24 Stunden berechnet ergibt sich am 1. Belastungstag gegenüber dem Vortag eine deutliche Steigerung der Ausscheidung von Cl, HPO_4 und Na und eine mäßige Steigerung der NH_4 -Ausscheidung, während die Ausscheidung der TA und die von K etwas zurück-

gegangen sind. Am 2. Belastungstag steigt die Cl-Ausscheidung nochmals sehr stark an, ebenfalls die Ausscheidung von NH_4 . Die Ausscheidung von HPO_4 , TA und K bleibt etwa gleich wie am ersten Belastungstag, während die Na-Ausscheidung wieder etwa auf den Vortagswert zurückfällt. Am 1. Nachttag geht die Ausscheidung aller bestimmten Harnkomponenten zurück; während die Cl- und die NH_4 -Ausscheidung deutlich über den Ausgangswerten vom Vortag bleiben, gehen die Ausscheidungen von Na und K sehr stark zurück, die Na-Ausscheidung mit 0,04 mÄq/kg KG sogar auf weniger als 1 % des Ausgangswertes vom Vortag. Am 2. Nachttag geht die Cl-Ausscheidung nochmals zurück, liegt jedoch immer noch über dem Ausgangswert des Vortages. Auch die NH_4 -Ausscheidung ist noch deutlich größer als am Vortag, während die HPO_4 -Ausscheidung etwa gleich geblieben ist wie am Vortag und am 1. Nachttag. Erst am 3. Tag nach der 2. Belastung geht die Cl-Ausscheidung unter den Ausgangswert des Vortages zurück, ebenso die NH_4 -Ausscheidung. Die K-Ausscheidung ändert sich gegenüber dem vorangegangenen Tag wenig, während die Na-Ausscheidung wieder deutlich ansteigt; beide sind jedoch kleiner als die Ausgangswerte am Vortag.

Bei dem Kind F. A. beträgt die NH_4Cl -Zufuhr am 1. Belastungstag 6,56 mMol/kg KG; ihr entspricht etwa der Abfall des Standard-Bicarbonat-Wertes, der 6,6 mÄq/l beträgt. Der Tiefstwert des Standard-Bicarbonates wird bei diesem Kind allerdings erst 6 Stunden nach der Belastung erreicht. Gleichzeitig fallen auch das pH und das pCO_2 im Blut ab. Schon 2 Stunden später ist das Standard-Bicarbonat wieder deutlich angestiegen, jedoch das pH infolge einer Steigerung des pCO_2 noch weiter abgefallen. Der Standard-Bicarbonat-Wert vor der 2. Belastung liegt mit 19,9 mÄq/l um 1,8 mÄq/l unter dem Ausgangswert. Bei der 2. Belastung beträgt die NH_4Cl -Zufuhr 6,54 mMol/kg KG. Der Abfall des Standard-Bicarbonates ist diesmal jedoch mit 4,1 mÄq/l deutlich geringer als nach der 1. Belastung. Am Nachttag ist das Standard-Bicarbonat deutlich wieder angestiegen und liegt mit 21,2 mÄq/l nur um 0,6 mÄq/l unter dem Ausgangswert vor der 1. Belastung (Abb.7).

Die auf Mikroäquivalent/kg KG und Stunde bezogene Harnausscheidung ist in Abb. 8 angeführt. Es zeigt sich, daß schon in der ersten 2-Stunden-Periode nach der Belastung die Cl-Ausscheidung aber auch die HPO_4 -Ausscheidung deutlich ansteigen. Gleichzeitig steigt die Na-Ausscheidung stark an, während die Ausscheidung von NH_4 und K etwa gleich bleiben. In der nächsten 2-Stunden-Periode bleibt die Cl-Ausscheidung praktisch gleich, während die HPO_4 -Ausscheidung deutlich zurückgeht. Die Ausscheidung von Na, K und NH_4 steigt leicht an. In der dritten 2-Stunden-Periode nach der NH_4Cl -Gabe steigt die Cl-Ausscheidung nochmals stärker an, die Na-Ausscheidung gering, die NH_4 -Ausscheidung jedoch sehr stark. In den 3 Stunden von 15 bis 18 Uhr geht die Ausscheidung von Cl, Na und NH_4 deutlich zurück, die K-Ausscheidung steigt etwas an. In den anschließenden Nachtstunden steigt die Cl-Ausscheidung wieder etwas an, die Na-Ausscheidung geht zurück, die NH_4 -Ausscheidung bleibt gleich und die K-Ausscheidung steigt leicht an.

In der ersten 3-Stunden-Periode vor der Belastung am 2. Tag ist die Cl-Ausscheidung deutlich zurückgegangen, ist jedoch noch wesentlich höher als am Vortag. Die Ausscheidung von Na und K ist etwa auf die Vortagswerte zurückgegangen, während die NH_4 -Ausscheidung etwa auf der doppelten Höhe geblieben ist. Nach der 2. Belastung mit NH_4Cl steigen in der 2-Stunden-Periode die Cl-Ausscheidung und die HPO_4 -Ausscheidung deutlich an. Gleichzeitig erfolgt ein geringer Anstieg der Ausscheidung von Na und K und ein sehr deutlicher von NH_4 . Die TA-Ausscheidung, die am 1. Belastungstag uncharakteristisch war, steigt jetzt stärker an. In der folgenden 2-Stunden-Periode geht die Ausscheidung von Cl und vor allem von HPO_4 sehr stark zurück, gleichzeitig auch die Ausscheidung von Na, K und NH_4 .

In den folgenden Nachtstunden steigt die Cl-Ausscheidung wieder etwas an, die HPO_4 -Ausscheidung stark ab, während die K-Ausscheidung gering und die NH_4 -Ausscheidung stark ansteigt. Am Nachttag ist die Cl-Ausscheidung deutlich zurückgegangen, liegt jedoch noch erheblich über den Ausgangswerten des Vortages, während die HPO_4 -Ausscheidung auf etwa den Ausgangswert des Vortages zurück-

geht. Die Na-Ausscheidung fällt auf die niedrigen Werte des Vortages ab, die K-Ausscheidung steigt deutlich an, etwa auf das Doppelte des Vortagswertes und auch die NH_4 -Ausscheidung, die deutlich abgefallen ist, bleibt etwa auf dem doppelten Wert des Vortages stehen.

In Tab. 5 sind die Ausscheidungswerte in $\text{m}\ddot{\text{a}}\text{q}/\text{kg}$ und Tag für den Vortag, die beiden Belastungstage und 2 Nachtage angegeben. Die Cl-Ausscheidung erreicht fast die gleiche Höhe, jedoch ist der Anstieg nicht so groß. Die K-Ausscheidung steigt ebenfalls deutlich an und besonders stark die Ausscheidung von Na und NH_4 .

Am 2. Belastungstag ist die Cl-Ausscheidung bei etwa gleicher Zufuhr um etwa 20 % geringer als am 1. Belastungstag. Die K-Ausscheidung geht auf etwa den Vortagswert zurück, die Na-Ausscheidung geht ebenfalls stark zurück, liegt jedoch immer noch wesentlich höher als am Vortag, während die NH_4 -Ausscheidung nochmals deutlich ansteigt auf 6,05 $\text{m}\ddot{\text{a}}\text{q}/\text{kg}$ KG. Die Ausscheidung der TA, die am 1. Belastungstag gering angestiegen ist, bleibt am 2. Belastungstag praktisch gleich. Am Nachtag geht die Ausscheidung von Cl und HPO_4 deutlich zurück. Während die HPO_4 -Ausscheidung etwa den Ausgangswert vom Vortag erreicht, ist die Cl-Ausscheidung immer noch wesentlich größer. Die Ausscheidung von Na und K geht stark zurück und macht nur noch jeweils etwa 25 % des Vortagswertes aus. Auch die NH_4 -Ausscheidung geht zurück, ist jedoch immer noch mehr als doppelt so groß als am Vortag. Am 1. Nachtag ist die Cl-Ausscheidung praktisch gleich geblieben wie am 2., die HPO_4 -Ausscheidung um etwa 10 % angestiegen. Die Na-Ausscheidung bleibt etwa auf dem gleich niedrigen Stand wie am 1. Nachtag, während die K-Ausscheidung wieder deutlich ansteigt und etwa den Ausgangswert vom Vortag erreicht. Die NH_4 -Ausscheidung ist gering zurückgegangen, jedoch immer noch fast doppelt so groß wie am Vortag.

Von dem Kind K.J. sind die Blutwerte in Abb. 9, die auf kg/KG und Stunde bezogenen Werte der Harnausscheidung in Abb. 10 und die auf kg/Tag bezogenen Harnausscheidungswerte in Tab. 6 angegeben.

Am 1. Belastungstag erhält das Kind 6,34 mMol NH_4Cl /kg KG. Schon nach 2 Stunden sind das pH und die Bicarbonat-Konzentration im Blut sehr stark abgefallen. Der Abfall der Bicarbonat-Konzentration beträgt 8,8 mEq/l. Erst gegen Abend steigt das Bicarbonat wieder leicht an, aber auch am Morgen des 2. Belastungstages ist der Anstieg noch gering, so daß die Differenz zum Ausgangswert des Vortages immer noch 6,6 mEq/l beträgt. Bei der 2. Belastung hat das Kind etwas erbrochen, so daß die NH_4Cl -Zufuhr nur 4,40 mMol/kg KG beträgt. Der Abfall des Bicarbonats erfolgt ebenfalls wieder rasch und beträgt insgesamt 5,2 mEq/l. Gleichzeitig erfolgt auch ein starker Abfall des Blut-pH. Bei diesem Kind ist nun eine sehr starke Azidose mit einem Standard-Bicarbonat-Wert von 10,4 mEq/l entstanden. Das Standard-Bicarbonat steigt zwar rasch wieder an, erreicht jedoch am nächsten Morgen nur den Ausgangswert vor der 2. Belastung. Im Harn steigt die Cl-Ausscheidung in der zweiten 2-Stunden-Periode nach der 1. NH_4Cl -Gabe sehr stark an, gleichzeitig auch die HPO_4 -Ausscheidung. Der Anstieg dieser Kationen geht einher mit einem deutlichen Anstieg der Ausscheidung von K, Na und vor allem NH_4 . In der dritten 2-Stunden-Periode steigt die Cl-Ausscheidung nochmals stärker an, während die HPO_4 -Ausscheidung gering zurückgeht. Gleichzeitig steigt auch die Ausscheidung von Na, und K an, doch geht die NH_4 -Ausscheidung deutlich zurück. In der nächsten 2-Stunden-Periode geht die Ausscheidung von Cl und HPO_4 zurück, ebenfalls die von K und besonders stark die von NH_4 , während die Na-Ausscheidung praktisch gleich bleibt. In den anschließenden Nachtstunden geht die Ausscheidung von Cl nochmals weiter zurück, bleibt jedoch immer noch erheblich über den Ausgangswerten des Vortages. Die Ausscheidung von Na und K geht nun deutlich zurück, während die NH_4 -Ausscheidung wieder leicht ansteigt.

In den Morgenstunden des 2. Belastungstages steigt die Ausscheidung von Cl und HPO_4 wieder an, die von K ebenfalls gering und die von NH_4 stärker, während die Na-Ausscheidung sich kaum ändert. In der zweiten 2-Stunden-Periode nach der NH_4Cl -Gabe steigt die Cl-Ausscheidung sehr stark an, die HPO_4 -Ausscheidung gering. Gleichzeitig wird auch die Ausscheidung von Na und NH_4 gesteigert, während sich die K-Ausscheidung kaum ändert. In der nächsten 2-Stun-

den-Periode steigt die Cl-Ausscheidung nochmals weiter an, die HPO_4 -Ausscheidung geht zurück. Jetzt steigt auch die K-Ausscheidung gering an und auch die Na-Ausscheidung, während die NH_4 -Ausscheidung zurückgeht. In den beiden nächsten 2-Stunden-Perioden geht die Ausscheidung von Cl und HPO_4 wieder deutlich zurück, ebenfalls die Ausscheidung von Na, K und NH_4 . In den anschließenden Nachtstunden geht die Cl-Ausscheidung nochmals gering zurück, bleibt jedoch erheblich über den Ausgangswerten des Vortages. Die Ausscheidung von Na und K geht nun sehr stark zurück, praktisch auf 0, während die NH_4 -Ausscheidung wieder stärker ansteigt. Am Nachtag ist die Cl-Ausscheidung nochmals deutlich zurückgegangen, liegt jedoch immer noch wesentlich über der des Vortages. Die NH_4 -Ausscheidung verhält sich etwa gleichsinnig, während die Ausscheidung von Na und K sehr niedrig bleibt.

Aus Tab.6 ist zu ersehen, daß die Tagesausscheidung von Cl am 1. Belastungstag auf mehr als das Dreifache ansteigt, während die HPO_4 -Ausscheidung auf etwa 75 % zurückgeht. Die K-Ausscheidung bleibt praktisch gleich, die Na-Ausscheidung steigt leicht an, die NH_4 -Ausscheidung deutlich auf mehr als das Doppelte, während die TA-Ausscheidung sich nicht wesentlich ändert. Am 2. Belastungstag steigt die Cl-Ausscheidung nochmals sehr stark an, die HPO_4 -Ausscheidung ebenfalls deutlich. Die K-Ausscheidung geht auf fast die Hälfte zurück, während die Na-Ausscheidung nochmals gering ansteigt und besonders stark die NH_4 -Ausscheidung.

Am Nachtag geht die Cl-Ausscheidung deutlich zurück, ist jedoch immer noch mehr als doppelt so groß als der Ausgangswert des Vortages. Die K-Ausscheidung geht nochmals gering zurück und beträgt nun etwa die Hälfte des Vortages, während die Na-Ausscheidung fast auf 0 zurückgeht. Die NH_4 -Ausscheidung geht nur gering zurück von 4,46 auf 4,04 mÄq/kg KG, ist also noch mehr als dreimal so groß wie am Vortag. Die TA-Ausscheidung, die am 2. Belastungstag angestiegen war, geht am Nachtag wieder etwa auf den Vortagswert zurück, die HPO_4 -Ausscheidung ebenfalls.

Die Befunde des Kindes V.M. sind in Abb.11 und 12 sowie in Tab.7

angeführt. Am 1. Belastungstag hat das Kind nach der NH_4Cl -Gabe etwas erbrochen, so daß die Cl-Zufuhr nur 4,20 mäs/kg KG beträgt. Auch nach dieser Dosis kommt es zu einem deutlichen Abfall der Standard-Bicarbonat-Werte von 24,3 auf 19 mäs/l. Es erfolgt jedoch ein rascher Anstieg, so daß am folgenden Tag vor der 2. Belastung der Bicarbonat-Wert mit 24,0 mäs/l über dem Ausgangswert liegt. Der pH-Wert ist sogar leicht angestiegen gegenüber dem Ausgangswert. Am 2. Belastungstag beträgt die NH_4Cl -Zufuhr 5,27 mmol/kg KG. Nun erfolgt ein wesentlich rascherer und stärkerer Abfall des Standard-Bicarbonats um insgesamt 8,7 mäs/l. Anschließend steigt der Standard-Bicarbonat-Wert jedoch rasch wieder an, jedoch liegt der Wert am Nachttag mit 22,5 mäs/l um 1,5 mäs/l unter dem Ausgangswert des 2. Belastungstages und um 1,8 mäs/l unter dem Ausgangswert des 1. Belastungstages.

Wie aus Abb.12 zu ersehen ist, steigt nach der 1. Belastung die Cl-Ausscheidung im Harn nur gering an, gleichzeitig erfolgt ein geringer Anstieg der Ausscheidung von Na und NH_4 . Am 2. Belastungstag kommt es in der zweiten 2-Stunden-Periode nach der Verabreichung von NH_4Cl jedoch zu einem sehr starken Anstieg der Cl-Ausscheidung, der mit einer Steigerung der Ausscheidung von Na und K einhergeht, während die NH_4 -Ausscheidung sogar gering zurückgeht. Auch bei diesem Kind geht die Cl-Ausscheidung in den Nachtstunden sehr stark zurück, liegt jedoch immer noch wesentlich über den Vortagswerten und geht mit einer geringen Steigerung der NH_4 -Ausscheidung einher. Am Nachttag ist die Ausscheidung von Cl, Na, K und NH_4 immer noch wesentlich größer als am Vortag, während die HPO_4 -Ausscheidung sich über die ganze Untersuchungszeit relativ gering geändert hat.

In Tab. 7 ist die Harnausscheidung in mäs/kg KG und Tag für den Vortag, die beiden Belastungstage und 1 Nachttag angeführt. Die Cl-Ausscheidung steigt am 1. Belastungstag zwar deutlich an, jedoch ist der Anstieg im Verhältnis zur Cl-Zufuhr relativ gering. Die HPO_4 -Ausscheidung ändert sich kaum, die Ausscheidung von Na, NH_4 und K steigt jeweils gering an. Am 2. Belastungstag erfolgt eine sehr deutliche Steigerung der Cl-Ausscheidung sowie eine weitere Stei-

gerung der Ausscheidung von Na und NH_4 , während die K-Ausscheidung praktisch gleich bleibt und die HPO_4 -Ausscheidung deutlich zurückgeht. Am Nachttag geht die Cl-Ausscheidung zwar stark zurück, liegt jedoch immer noch wesentlich über der des Vortages. Die HPO_4 -Ausscheidung ist nun angestiegen und zwar auf etwa das Doppelte des Wertes vom 2. Belastungstag. Die K-Ausscheidung geht ebenfalls zurück auf etwa $2/3$ der vorangegangenen Werte. Die Na-Ausscheidung geht ebenfalls zurück, ist jedoch fast immer noch doppelt so groß wie die des Vortages. Die NH_4 -Ausscheidung steigt nochmals deutlich an.

Die bei den Säuglingen der Gruppe II durchgeführten Untersuchungen waren hauptsächlich dazu bestimmt, zu klären, welche Bedeutung eine Steigerung der Ausscheidung von Titrationsacidität für das Verhalten der Standard-Bicarbonat-Werte im Blut nach einer Belastung mit NH_4Cl hat. Da das Phosphat im Harn den größten Anteil der Titrationsacidität ausmacht, wurde den Kindern eine neutrale Natrium-Phosphat-Lösung verabreicht.

Gruppe IIa:

Als Gruppe IIa sind zwei Untersuchungen eingeordnet, die beide bei dem Kind P.B. durchgeführt wurden. Bei der ersten Untersuchung wurde das Kind mit Alete I ernährt. Nach einem Vortag, an dem der Harn quantitativ gesammelt wurde, erhielt das Kind am nächsten Tag eine erste Belastung mit $112 \text{ mmol NH}_4\text{Cl}/1 \text{ m}^2 \text{ KO}$ und nach einem Intervall von 1 Tag die gleiche Menge NH_4Cl und zusätzlich neutrales Natrium-Phosphat in einer Menge, die $112 \text{ m\ddot{a}q HPO}_4/1,0 \text{ m}^2 \text{ KO}$ entsprach. Die wichtigsten Befunde dieser Untersuchung sind in Abb. 13 und Tab.8 angeführt.

Bei der 1. Belastung erbrach das Kind nach der Verabreichung von NH_4Cl , so daß sich die effektive Cl-Zufuhr auf $5,72 \text{ m\ddot{a}q/kg KG}$ errechnet. Der Standard-Bicarbonat-Wert beträgt vor der Belastung $19,1 \text{ m\ddot{a}q/l}$. 4 Stunden nach der Belastung erreicht er mit $15,6 \text{ m\ddot{a}q/l}$ ein Minimum, steigt dann langsam wieder an und liegt am Nachttag mit $20,4 \text{ m\ddot{a}q}$ deutlich über dem Ausgangswert.

Bei der 2. Belastung, die nach einem Intervall von einem Tag vorgenommen wurde, wurden 6,45 mÄq NH_4Cl und gleichzeitig Natrium-Phosphat-Lösung, die einer Zufuhr von ebenfalls 6,45 mÄq HPO_4 entsprach, verabreicht. Das Verhalten des Standard-Bicarbonates ist nun sehr auffallend. Zunächst erfolgt ein Anstieg von 19,1 auf 20,4 mÄq/l, dann aber ein starker Abfall auf 13,4 mÄq/l und anschließend wieder ein deutlicher Anstieg, wobei jedoch der Wert vom Nachttag mit 18,0 mÄq/l um 1,1 mÄq/l unter dem Ausgangswert liegt. Dieses Verhalten ist sehr auffallend, da mit der neutralen Natrium-Phosphat-Lösung gleichzeitig auch mehr als 10,0 mÄq Na/kg KG zugeführt werden.

In Abb. 13 ist im unteren Teil jeweils das Verhalten der Tagesausscheidung im Harn von Vortag und Belastungstag einander gegenübergestellt, in Tab.8 das Verhalten der Harnausscheidung der einzelnen Substanzen über die gesamte Beobachtungszeit von 5 Tagen. Am Belastungstag ist die Cl-Ausscheidung gegenüber dem Vortag deutlich angestiegen. Der Anstieg der Cl-Ausscheidung geht mit einem Anstieg der Na-Ausscheidung einher, während die Ausscheidung von K und NH_4 kaum verändert ist. Die HPO_4 -Ausscheidung ist stark reduziert, die TA geht gering zurück von 1,83 auf 1,50 mÄq/kg KG.

Am folgenden Tag geht die Cl-Ausscheidung deutlich zurück, jedoch noch nicht auf den Ausgangswert des Vortages, während die Na-Ausscheidung den Ausgangswert des Vortages etwa erreicht. Auch die Ausscheidung von K und NH_4 geht deutlich zurück. Die HPO_4 -Ausscheidung steigt wieder an, bleibt jedoch unter dem Ausgangswert des Vortages, die TA geht auf ungefähr 2/3 zurück. Am folgenden Tag bei gleichzeitiger Belastung mit NH_4Cl und der neutralen Na-Phosphat-Lösung steigt die Ausscheidung von Cl, HPO_4 , Na, K, NH_4 und TA jeweils deutlich an. Am Nachttag geht die Ausscheidung von Cl, HPO_4 , K, Na und TA zurück, die NH_4 -Ausscheidung steigt wieder leicht an. Die Zugabe der neutralen Na-Phosphat-Lösung bewirkte also eine wesentlich größere Ausscheidung von HPO_4 und TA, jedoch zeigt sich kein entsprechender Einfluß auf das Verhalten des Standard-Bicarbonates im Blut, welches den Ausgangswert von 19,1 mÄq/l nicht erreicht, im Gegensatz zu der Belastung ohne HPO_4 .

Nach einem Intervall von 3 Tagen wurde während Ernährung mit Pelargon die gleiche Untersuchung in derselben Versuchsanordnung durchgeführt. Die Befunde sind in Abb.14 und in Tab.9 angeführt. Bei der 1. Belastung am 2. 2. beträgt die effektive Cl-Zufuhr mit NH_4Cl 5,57 mÄq/kg KG. Der Ausgangswert des Standard-Bicarbonates beträgt 20,2 mÄq/l. Nach der Belastung fällt das Standard-Bicarbonat rasch ab und erreicht mit 14,7 4 Stunden später das Minimum. Es erfolgt ein deutlicher Anstieg, jedoch wird am Nachtag mit 17,5 mÄq/l der Ausgangswert nicht wieder erreicht. Am 4. 2. bei gleichzeitiger Verabreichung von NH_4Cl und der neutralen Phosphat-Lösung beträgt der Ausgangswert des Standard-Bicarbonates 19,7 mÄq/l. Ähnlich wie auch bei der ersten Untersuchungsreihe steigt der Standard-Bicarbonat-Wert zunächst an auf 20,6 mÄq/l, fällt dann jedoch stark ab auf 15,6 mÄq/l. Anschließend erfolgt ein langsamer und unregelmäßiger Anstieg, jedoch wird am Nachtag mit 17,3 mÄq/l der Ausgangswert nicht erreicht. Die Harnausscheidung verhielt sich folgendermaßen (Tab.9):

Am 1. Belastungstag findet sich im Harn eine deutliche Steigerung der Cl-Ausscheidung, gleichzeitig steigen auch die Ausscheidungen von Na, K und NH_4 , während die Ausscheidung von HPO_4 und TA zurückgeht. Am Nachtag geht die Cl-Ausscheidung deutlich zurück etwa auf den Vortagswert, ebenso die Ausscheidung von Na und K, während die NH_4 -Ausscheidung weiter ansteigt. Die Ausscheidung von HPO_4 und TA geht weiter zurück.

Am 2. Belastungstag bei gleichzeitiger Verabreichung von NH_4Cl und der neutralen HPO_4 -Lösung steigt die Cl-Ausscheidung weniger stark an als bei der 1. Belastung. Die HPO_4 -Ausscheidung steigt dagegen sehr stark an auf einen Wert von 6,09 mÄq/kg KG. Die K-Ausscheidung ändert sich bei dieser Belastung kaum, während die Na-Ausscheidung deutlich ansteigt, und vor allem die NH_4 -Ausscheidung. Offenbar bedingt durch die höhere HPO_4 -Ausscheidung steigt die TA-Ausscheidung auf etwa das Dreifache des Ausgangswertes vom Vortag.

Am Nachtag geht die Ausscheidung von Cl deutlich zurück, bleibt jedoch höher als am Vortag. Auch die Ausscheidung von HPO_4 geht

zurück auf etwa 75 % des Vortagswertes und die Ausscheidung der TA auf etwa $\frac{2}{3}$ des Vortagswertes. Die Ausscheidung von Na geht zurück, bleibt jedoch noch fast doppelt so hoch wie der Ausgangswert am 1. Vortag, die K-Ausscheidung bleibt gleich, die NH_4 -Ausscheidung geht nur unbedeutend zurück.

Gruppe IIb:

Bei den unter dieser Gruppe angeführten Säuglingen wurde der Untersuchungsgang geändert, er besteht aus einem Vortag, einem 1. Belastungstag und 2 Nachtagen, an denen jeweils die normale Nahrung verabreicht wurde. Am 3. Tag wurde dem Wasser, in dem das Milchpulver aufgelöst wurde, die neutrale HPO_4 -Lösung zugesetzt; sie war so berechnet, daß pro $1,0 \text{ m}^2 \text{ KO}$ 112 mÄq HPO_4 zugeführt wurden. Diese Zugabe erhielten die Säuglinge über jeweils 3 Tage, wobei jeweils am 2. Tage eine Belastung mit der gleichen Menge NH_4Cl wie bei der 1. Belastung durchgeführt wurde.

Die Befunde des Kindes W.M. sind Abb.15, 16 und Tab.10 angeführt. Bei der 1. Belastung beträgt die NH_4Cl -Zufuhr 6,95 mMol/kg KG. Dies führt zu einem raschen Abfall des Standard-Bicarbonates und auch des pH, jedoch wird der niedrigste Bicarbonat-Wert mit 14,0 mÄq/l erst in den Abendstunden erreicht. Am anderen Morgen ist der Bicarbonat-Wert nur auf 16,6 mÄq/l angestiegen, liegt also um 2,9 mÄq/l unter dem Ausgangswert. In den folgenden Tagen steigt der Standard-Bicarbonat-Wert weiter an; am Beginn der 2. Belastung beträgt er 19,8 mÄq/l.

Die NH_4Cl -Dosis bei der 2. Belastung beträgt 5,95 mMol/kg KG; sie bewirkt einen raschen Abfall des Standard-Bicarbonat-Wertes auf 14,0 mÄq/l. Innerhalb von 2 Stunden erfolgt ein Anstieg auf 16,0 mÄq/l, dann jedoch ein erneuter Abfall auf 14,0 mÄq/l. Am Nachtag ist der Standard-Bicarbonat-Wert nur auf 15,0 mÄq/l angestiegen und bleibt auch am folgenden Tage gleich. Das pH, das genau so rasch abgefallen ist, wie das Standard-Bicarbonat, wird bei dieser bestehenden metabolischen Azidose dennoch wieder angehoben durch eine sehr deutliche Verminderung des pCO_2 .

Im Harn steigt die Cl-Ausscheidung am 1. Belastungstag gegenüber dem Vortag sehr stark an, von 1,15 auf 6,42 mÄq/kg KG. Gleichzeitig steigt die Na-Ausscheidung ebenfalls sehr stark an, von 0,53 auf 4,45 mÄq/kg KG. Die NH_4 -Ausscheidung steigt ebenfalls deutlich an und auch die K-Ausscheidung steigt an. Am Nachttag geht die Cl-Ausscheidung auf weniger als die Hälfte zurück, ebenso die K-Ausscheidung. Die Na-Ausscheidung fällt sehr stark ab auf 0,77 mÄq/kg KG, die NH_4 -Ausscheidung nur gering von 2,86 auf 2,55 mÄq/kg KG. Am folgenden Tag ist die Cl-Ausscheidung deutlich zurückgegangen auf 1,92 mÄq/kg KG, die K-Ausscheidung hat weiter abgenommen und liegt nun weit unter dem Ausgangswert des Vortages, während die Na-Ausscheidung auf etwa den Ausgangswert des Vortages zurückgegangen ist. Die NH_4 -Ausscheidung ist mit 3,2 mÄq/kg KG deutlich größer als an den vorangegangenen Tagen. Am folgenden Tag wurde dem Kind erstmals die neutrale Na-Phosphat-Lösung verabreicht. Ihre Auswirkungen zeigen sich lediglich in einer Steigerung der bis dahin wenig charakteristischen HPO_4 -Ausscheidung. Die Cl-Ausscheidung geht nochmals leicht zurück, bleibt jedoch immer noch über dem Ausgangswert, die K-Ausscheidung ist wieder etwas angestiegen, liegt jedoch immer noch unter dem Ausgangswert, während sich die Na-Ausscheidung gegenüber dem vorangegangenen Tag praktisch nicht geändert hat. Die NH_4 -Ausscheidung ist dagegen nochmals gering angestiegen. Die TA-Ausscheidung, die sich im Laufe der vorangegangenen Belastung und der Nachtage gering erhöht hatte, steigt nun ebenfalls etwas an.

Bei der 2. Belastung mit NH_4Cl steigt die Cl-Ausscheidung wieder deutlich an, jedoch nicht im gleichen Ausmaß wie bei der 1. Belastung. Die HPO_4 -Ausscheidung geht gegenüber dem Vortag zurück. Die Ausscheidung von Na und K steigt wieder deutlich an, während die NH_4 -Ausscheidung zurückgeht. Auch die TA-Ausscheidung geht gegenüber dem vorangegangenen Tag zurück. Am Nachttag geht die Cl-Ausscheidung auf etwa die Hälfte zurück, während die HPO_4 -Ausscheidung um etwa $1/6$ ansteigt. Die K-Ausscheidung nimmt gering zu, die Na-Ausscheidung geht deutlich zurück und die NH_4 -Ausscheidung steigt leicht an. Auch die TA geht auf etwa 60 % des Wertes vom vorangegangenen Tag zurück.

Bei diesem Kind hat die Zufuhr der neutralen Phosphat-Lösung eine Steigerung der Phosphat-Ausscheidung und der TA-Ausscheidung bewirkt. Die Wirkung auf das Verhalten des Standard-Bicarbonates ist eindeutig als negativ zu bezeichnen, d. h. der Ausgangswert von 20 mEq/l wird lange nicht erreicht.

Die Befunde des Kindes M.C. sind in Abb. 17, 18 und Tab. 11 angeführt. Die NH_4Cl -Zufuhr errechnet sich am 1. Belastungstag auf 6,70 mEq/kg KG. Unmittelbar nach der Verabreichung von NH_4Cl erfolgt ein sehr starker Abfall des Bicarbonat-Wertes von 22,7 auf 15,5 mEq/l. Auch der Abfall des pH ist deutlich, wird jedoch durch eine respiratorische Kompensation etwas ausgeglichen. In den nächsten Stunden steigt das Standard-Bicarbonat wieder deutlich an, jedoch liegt der Wert am Nachttag mit 19,6 mEq/l um 3,1 mEq unter dem Ausgangswert. In den beiden folgenden Tagen steigt das Bicarbonat nochmals leicht an, jedoch liegt der Wert am Morgen vor der 2. Belastung mit 20,8 mEq/l um 1,8 mEq niedriger als der Ausgangswert.

Bei der 2. Belastung wurde eine NH_4Cl -Dosis von 6,34 mEq/kg KG verabreicht. Sie bewirkt einen deutlichen Abfall des Standard-Bicarbonat-Wertes, der jedoch mit 3,3 mEq/kg wesentlich geringer ist als bei der 1. Belastung. Es folgt ein deutlicher Anstieg, und am Nachttag liegt der Wert mit 21,1 mEq/l um 0,3 mEq/l über dem Ausgangswert. In Abb. 18 ist die Harnausscheidung während der Belastung dargestellt. In Tab. 11 sind die Harnbefunde, jeweils bezogen auf mEq/kg und Tag, für die einzelnen Untersuchungstage angegeben. Am Belastungstag steigt die Ausscheidung von Cl, K, Na und NH_4 sehr deutlich an, ebenso die Ausscheidung von TA. Die Ausscheidung von HPO_4 steigt dagegen nur gering an. Am Nachttag geht die Ausscheidung von Cl deutlich zurück, ist jedoch um 40 % höher als der Vortagswert. Gleichzeitig steigt die Ausscheidung von HPO_4 stark an. Die Ausscheidung von Na und K geht jeweils auf etwa $\frac{2}{3}$ des Vortagswertes zurück, während die Ausscheidung von NH_4 deutlich ansteigt und auch die Ausscheidung der TA. Am 2. Nachttag geht die Ausscheidung von Cl auf etwa den Ausgangswert zurück, während die Ausscheidung von HPO_4 nochmals stark ansteigt. Die

K-Ausscheidung steigt wieder deutlich an, bleibt jedoch unter dem Ausgangswert des Vortages, während die Na-Ausscheidung weiter zurückgeht auf etwa die Hälfte des Vortagswertes. Auch die NH_4 -Ausscheidung geht wieder zurück, während die Ausscheidung der TA nochmals ansteigt.

Die Zufuhr der neutralen Phosphat-Lösung macht sich in einer deutlichen Steigerung der HPO_4 -Ausscheidung und auch der Ausscheidung von TA bemerkbar. Die Cl-Ausscheidung geht weiter zurück unter den Ausgangswert des Vortages, die K-Ausscheidung bleibt praktisch gleich, die Na-Ausscheidung steigt wieder an über den Ausgangswert des Vortages und die NH_4 -Ausscheidung geht wieder zurück.

Die Zufuhr von 6,34 mmol NH_4Cl am folgenden Tag hat eine deutliche Steigerung der Cl-Ausscheidung zur Folge; diese ist jedoch wesentlich geringer als bei der 1. Belastung ohne Zugabe von neutralem Na-Phosphat. Die K-Ausscheidung geht gering zurück, die Na-Ausscheidung steigt deutlich an, die NH_4 -Ausscheidung gering. Auffallend ist, daß nun sowohl die Ausscheidung von HPO_4 wie auch die von TA auf fast die Hälfte zurückgeht.

Am Nachtag, an dem weiter die neutrale Natrium-Phosphat-Lösung in gleicher Menge gegeben wird, geht die Phosphat-Ausscheidung weiter zurück, ebenso die Ausscheidung von Cl, die jedoch höher bleibt als am Tag vor der 2. Belastung. Die K-Ausscheidung geht gering zurück, die Na-Ausscheidung sehr deutlich auf etwa $\frac{1}{3}$ des Wertes vom Belastungstag, während die Ausscheidung von NH_4 um etwa 50 % ansteigt. Die Ausscheidung von TA hat sich gegenüber dem Belastungstag nur unwesentlich verändert.

Bei diesem Kind könnte ein Einfluß der Zufuhr von neutralem Na-Phosphat auf das Verhalten des Standard-Bicarbonates im Verlauf der 2. Säure-Belastung diskutiert werden.

Diskussion

Die Hauptfragen, die mit den Ergebnissen der Untersuchungen zu beantworten waren, betrafen:

1. Die Mehrausscheidung von Cl in den Nachtstunden und die Art ihrer Kompensation auch bei wiederholter Belastung.
2. Die Beziehung einer unvollständigen Cl-Ausscheidung und einer zusätzlichen Mehrausscheidung von Na zum Verhalten der Standard-Bicarbonat-Werte.
3. Die Beziehungen der Ausscheidung von H-Ionen zum Verhalten des Standard-Bicarbonates.

Darüber hinaus wurde noch untersucht, in welcher Zeit nach einmaliger und wiederholter Belastung mit NH_4Cl sich die einzelnen Komponenten des Säure-Basen-Gleichgewichtes im Blut und die Harnzusammensetzung bzw. die quantitative Ausscheidung der einzelnen Elektrolyte auf die Ausgangswerte einstellen.

Die erste Frage läßt sich anhand der Befunde bei den Säuglingen der Gruppe I eindeutig beantworten. Bei allen Probanden findet sich die größere Cl-Ausscheidung innerhalb der ersten 8 Stunden nach der NH_4Cl -Gabe. Das Maximum wird meist zwischen der 4. und 6. Stunde erreicht, dann folgt ein deutlicher Abfall, also ein Verhalten, das dem von VON RIMSCHA beschriebenen entspricht. In den Nachtstunden geht die Cl-Ausscheidung stets zurück und ist insgesamt wesentlich kleiner als in den vorangegangenen Stunden.

Bei Belastung mit der gleichen Menge NH_4Cl an zwei aufeinanderfolgenden Tagen ist der Rhythmus der Cl-Ausscheidung am 2. Belastungstag gleich wie am 1., also ebenfalls keine Steigerung in den Nachtstunden.

Eine wesentliche Mehrausscheidung des mit der Säurebelastung zugeführten Cl in den Nachtstunden kommt also bei den von uns und vermutlich auch bei den von VON RIMSCHA untersuchten Säuglingen als Erklärung für den Wiederanstieg der Standard-Bicarbonat-Werte

nach 24 Stunden nicht in Betracht.

Die andere Frage betraf die Kompensation der Mehrausscheidung von Cl. WOOD sowie WRONG und DAVIES weisen darauf hin, daß die Mehrausscheidung von Cl zunächst durch eine Mehrausscheidung von Na und K kompensiert und später die Ammoniak-Ausscheidung kompensatorisch gesteigert wird. Ein ähnliches Verhalten ist aus den Kurven von SARTORIUS et al. abzuleiten. Hier handelt es sich jedoch stets um Dauerbelastungen.

Für Kurzbelastungen konnte eine stärkere Steigerung der NH_4 -Ausscheidung nicht konstant nachgewiesen werden, wie vor allem von LIEBMANN diskutiert wird. VON RIMSCHA hatte deshalb die Nachbeobachtungsperiode von 6 auf 3 Stunden ausgedehnt, jedoch ebenfalls keine konstante weitere Steigerung der NH_4 -Ausscheidung feststellen können.

Im Hinblick auf die von VON RIMSCHA diskutierten Zusammenhänge zwischen der Mehrausscheidung von Cl einerseits und dem Wiederanstieg der Standard-Bicarbonat-Werte erschien es wichtig, auch die Art der Kompensation einer Mehrausscheidung von Cl in den Nachtstunden nach der Belastung zu untersuchen.

Beim Vergleich der einzelnen Kurven, in denen die Ausscheidung jeweils auf Mikroäquivalent/kg KG und Stunden bezogen ist, zeigt sich deutlich, daß bei der Mehrzahl der Probanden bei der 1. Belastung in den Nachtstunden die Na-Ausscheidung wesentlich stärker abfällt als die Cl-Ausscheidung, die NH_4 -Ausscheidung dagegen geringer. Bei einigen Probanden steigt die NH_4 -Ausscheidung in den Nachtstunden wieder an, während die Na-Ausscheidung zurückgeht. Gelegentlich steigt auch die K-Ausscheidung in den Nachtstunden wieder an.

Noch deutlicher zeigt sich das gegensinnige Verhalten der Ausscheidung von Na und NH_4 an den Nachtagen nach einmaliger Belastung. Bei allen 5 Kindern (Tab.3,8,9,10,11), bei denen nach einmaliger Belastung die Harnuntersuchungen an den folgenden Tagen weitergeführt wurden, geht am Nachttag die Na-Ausscheidung sehr

stark zurück. Die NH_4 -Ausscheidung fällt dagegen nur bei 2 Kindern (s.Tab.8 u.10) leicht ab, bei einem bleibt sie gleich (Tab.9) und bei den anderen steigt sie an.

Noch aufschlußreicher ist dies Verhalten bei wiederholten Belastungen an zwei aufeinanderfolgenden Tagen (s.Tab.3 bis 7). Bei 4 der 5 Säuglinge steigt am 2. Belastungstag die Cl-Ausscheidung wesentlich stärker an, nur bei einem Kind, bei dem sie am 1. Belastungstag schon sehr angestiegen war (s.Tab.5), geht sie um 20 % zurück. Ein effektiver Anstieg der Na-Ausscheidung findet sich nur bei dem Kind W.H. (s.Tab.3), während die Steigerung der Na-Ausscheidung von der 1. zur 2. Säurebelastung bei dem Kind V.M. hauptsächlich durch die mit dem Erbrechen einhergehende Verminderung der Cl-Zufuhr am 1. Belastungstag zu erklären ist. Bei dem Kind K.J. (s.Tab.6) steigt die Na-Ausscheidung am 2. Tag gering an, bei den beiden anderen geht sie deutlich zurück. Bei allen 5 Kindern findet sich jedoch ein sehr deutlicher Anstieg der NH_4 -Ausscheidung am 2. Belastungstag gegenüber dem ersten. Am Nachttag nach der 2. Belastung geht die Na-Ausscheidung bei allen Säuglingen sehr stark zurück, z.T. auf weniger als 10 % des Ausgangswertes vom Vortag vor der 1. Belastung. In jedem Falle ist die Na-Ausscheidung geringer als die Cl-Ausscheidung, während die NH_4 -Ausscheidung bei allen 5 Kindern größer ist als die Cl-Ausscheidung. Bei allen Kindern geht am 1. Nachttag nach der 2. Belastung auch die K-Ausscheidung zurück, selbst wenn sie an den Belastungstagen nicht wesentlich angestiegen war.

Es zeigt sich also hier das gleiche Verhalten der Na- und der NH_4 -Ausscheidung, wie es aus den Ergebnissen der Dauerbelastung bekannt ist: langsamer aber stärkerer Anstieg der NH_4 -Ausscheidung bei Abnahme der Na-Ausscheidung (10a, 14, 15, 42, 44).

SCHWARTZ, JENSON und RELMAN (36) führten bei Hunden ohne und mit Na-Mangel Belastungen mit NH_4Cl und Na_2SO_4 durch. Während die NH_4Cl -Belastung stets zu einer metabolischen Azidose führte, führte die Belastung mit Na_2SO_4 zu keinen Änderungen des Säure-Basen-Gleichgewichtes im Blut. Die Mehrausscheidung von SO_4 im Harn

wurde jedoch in gleicher Weise kompensiert wie die Mehrausscheidung von Cl: bei den natrium-reich ernährten Tieren erfolgte die Kompensation hauptsächlich durch eine starke Steigerung der Na- und z.T. auch der K-Ausscheidung, bei den natrium-arm ernährten Tieren überwiegend durch eine Steigerung der NH_4 -Ausscheidung. Aus diesen Befunden schließen SCHWARTZ, JENSON und RELMAN, daß die Steigerung der NH_4 -Ausscheidung nicht als spezifische Reaktion zum Ausgleich einer metabolischen Azidose aufgefaßt werden kann, sondern daß sie immer dann eintritt, wenn zur Kompensation einer Mehrausscheidung an starken Anionen keine ausreichenden Vorräte der einwertigen Kationen Na und K zur Verfügung stehen.

In Abb. 19 ist die Harnausscheidung von NH_4 , Na, K und Cl am Vortag und am Belastungstag angeführt. Es handelt sich um die Mittelwerte von 6 Säuglingen, die während Ernährung mit NAN mit jeweils 112 mMol $\text{NH}_4\text{Cl}/1,0 \text{ m}^2$ KO belastet wurden. Es zeigt sich, daß die Mehrausscheidung von NH_4 und Na etwa gleich groß ist, daß aber auch die K-Ausscheidung deutlich ansteigt. Die Mehrausscheidung von NH_4 , Na und K im Harn am Belastungstag entspricht ziemlich genau der Mehrausscheidung von Cl. Bei wiederholter Belastung an zwei aufeinanderfolgenden Tagen wird die Mehrausscheidung von Cl zum überwiegenden Teil durch eine Mehrausscheidung von NH_4 kompensiert.

Die zweite der zu beantwortenden Fragen betraf die Beziehung einer unvollständigen Cl-Ausscheidung und einer zusätzlichen Mehrausscheidung von Na zum Verhalten der Standard-Bicarbonat-Werte im Blut. VON RIMSCHA hat die Möglichkeit diskutiert, daß das mit NH_4Cl zugeführte Cl nur unvollständig resorbiert wird. Dieser Verdacht ergibt sich auch bei den von uns untersuchten Säuglingen, bei denen die Mehrausscheidung von Cl am 1. Belastungstag durchschnittlich etwa 50 % der mit NH_4Cl zugeführten Cl-Menge ausmacht.

Bei 5 einmaligen Belastungen, bei denen der Harn auch am Nachttag untersucht wurde, (Tab.3, 8 bis 11), scheiden die Probanden am Nachttag wesentlich mehr Cl aus als an den Vortagen. Bei Belastung mit NH_4Cl an zwei aufeinanderfolgenden Tagen hält die Mehraus-

scheidung von Cl mindestens 2 Tage (Tab.4 und 5), bei dem Kind W.H. (Tab.3) sogar über 4 Tage an. Daraus ist zu schließen, daß von dem mit NH_4Cl zugeführten Cl in jedem Fall mehr aufgenommen wurde als an den Belastungstagen selbst ausgeschieden wurde. Damit ergibt sich erneut die von VON RIMSCHA aufgeworfene Frage nach einer gültigen Erklärung für die auffallende Diskrepanz zwischen der unvollständigen Ausscheidung von Cl und der zusätzlichen Mehrausscheidung von Na, sowie - wie sich aus unseren Untersuchungen ergibt - auch von K einerseits und dem Verhalten des Standard-Bicarbonat-Wertes im Blut andererseits. Von den von VON RIMSCHA diskutierten Möglichkeiten dürfte nur die einer "internen" Kompensation der metabolischen Azidose in Betracht kommen. Daß eine derartige interne Kompensation möglich ist, konnten SCHWARTZ, OERNING und POTTER (37) bei nephrektomierten Hunden zeigen. Nach Infusion von HCl sank die Plasma-Bicarbonat-Konzentration linear mit der infundierten HCl-Menge ab. Nach Absetzen der HCl-Infusion stieg die Bicarbonat-Konzentration im Plasma wieder deutlich an. Die Autoren machen dafür eine Pufferung von Cl verantwortlich.

In Tab.12 wurde für die 4 Säuglinge der Gruppe Ib, bei denen an zwei aufeinanderfolgenden Tagen Belastungen mit jeweils 112 mMol $\text{NH}_4\text{Cl}/1,0 \text{ m}^2 \text{ KO}$ durchgeführt wurden, jeweils für den 1. Belastungstag die pro kg KG am 1. Belastungstag gegenüber dem Vortag mehr ausgeschiedene Cl-Menge von der mit NH_4Cl zugeführten Cl-Menge abgezogen und daraus die Minderausscheidung von Cl errechnet. Dazu wurde die Mehrausscheidung von Na addiert und die sich so ergebende Zahl als "Säureüberschuß" bezeichnet. Dieser "Säureüberschuß" wurde zur Differenz des Standard-Bicarbonates vor der Belastung und am Nachtag in Beziehung gesetzt. Der Mittelwert des "Säureüberschusses" beträgt 3,87 mEq/kg KG. Die Differenz des Standard-Bicarbonates zwischen dem Wert vor der Belastung und dem vom Nachtag beträgt im Mittel -2,55 mEq/l. Da eine "trockene" Retention von Cl nicht nachgewiesen ist (3), ist anzunehmen, daß sich Cl in den Flüssigkeitsräumen des Organismus verteilt. Bei einer Verteilung ausschließlich im extrazellulären Flüssigkeitsraum (EZF) wäre bei einem Anteil des EZF von etwa 35 % am Gesamtgewicht durch diesen Säureüberschuß ein Abfall der Standard-Bicarbonat-

Werte von im Mittel 12,9 mEq/l zu erwarten. Der tatsächliche Abfall beträgt jedoch nur 2,55 mEq/l. Es ist deshalb anzunehmen, daß das am Belastungstage nicht ausgeschiedene Cl zum großen Teil auf andere Weise neutralisiert wird. BERGSTROM gibt für den Säugling eine intrazelluläre Pufferkapazität von 4 mEq/kg KG an. Man kann also annehmen, daß das weniger ausgeschiedene Cl auch bei den von uns untersuchten Säuglingen im intrazellulären Raum neutralisiert wurde. Die intrazelluläre Pufferkapazität reicht allerdings nicht aus zur Erklärung des beobachteten Wiederanstiegs des Standard-Bicarbonates, da immerhin rechnerisch ein Defizit von etwa 6,5 mEq/kg KG ($13 - 4 - 2,5 = 6,5$) vorliegt. BERGSTROM und WALLACE sowie BERGSTROM haben darauf hingewiesen, daß zur Kompensation einer metabolischen Azidose auch Na aus Knochenspeichern herangezogen werden kann. Die Pufferkapazität dieser Na-Reserven wird von BERGSTROM für Säuglinge mit 5 mEq/kg KG angegeben.

Aus all diesen Befunden ist zu schließen, daß der Wiederanstieg des Standard-Bicarbonat-Wertes nach einmaliger Belastung mit NH_4Cl bei den von uns untersuchten Säuglingen durch eine "interne" Kompensation der durch eine Cl-Retention bedingten Azidose erfolgt. An dieser Kompensation dürften sowohl die intrazelluläre Pufferkapazität als auch die Pufferkapazität der Na-Speicher im Knochen beteiligt sein.

Es zeigt sich also, daß durch diese Möglichkeit der extra- und der intrazellulären Kompensation einer metabolischen Azidose die einzelnen Komponenten des Säure-Basen-Gleichgewichtes im Blut nach einer einmaligen und sogar nach einer wiederholten Belastung mit NH_4Cl relativ rasch wieder die Ausgangswerte vor der Belastung erreichen können. Es wurde bereits darauf hingewiesen, daß die Zeitdauer, bis die Harnzusammensetzung bzw. die quantitative Ausscheidung der einzelnen Elektrolyte wieder den Ausgangswerten entspricht, länger sein kann als die Normalisierung des Standard-Bicarbonates. Wie aus den Tabellen 3, 10, 11 ersichtlich ist, kann die Ausscheidung von Na und K nach einmaliger Belastung über mehrere Nachtage kleiner sein als an den Vortagen. Nach wiederholter Belastung an zwei aufeinanderfolgenden Tagen bleibt die

Na-Ausscheidung und z. T. auch die K-Ausscheidung über mindestens 3 Nachtage kleiner als der Ausgangswert. Dieses Verhalten spricht dafür, daß an den Belastungstagen Na-Reserven mobilisiert und an den belastungsfreien Tagen wieder aufgefüllt wurden. Auf diese Möglichkeit haben vor allem BERGSTROM und WALLACE hingewiesen. Nach den Untersuchungen verschiedener Autoren (3,43) sind normalerweise etwa 30 % des Natriumbestandes des Organismus in trockener Form im Knochen deponiert.

Ein ähnliches Verhalten wurde sogar bei Dauerbelastungen nachgewiesen: In den ersten 2 bis 3 Tagen wird Na vermehrt ausgeschieden, dann geht die Ausscheidung für 3 bis 4 Tage fast auf Null zurück und stellt sich dann wieder etwa auf die Ausgangswerte ein (z. B. 16, 26, 35, 43).

Eine ganz ähnliche Wirkung hat die Verabreichung von Salzsäuremilch an junge Säuglinge, wie DROESE und STOLLEY zeigen konnten.

Die letzte Frage betraf schließlich die Beziehungen der Ausscheidung von TA und dem Verhalten des Standard-Bicarbonates im Blut. Die Ausscheidung wird, wie bereits eingangs erwähnt, von den meisten Autoren als Kriterium zur Beurteilung der Reaktion von Säurebelastungen angegeben (5,9,10a,11,17,19,24,25,27,28,31,34,39). HATEMI und McCANCE hatten die Reaktionen auf säuernde Substanzen vergleichend bei Neugeborenen und Erwachsenen geprüft. Für den stärkeren Abfall der Standard-Bicarbonat-Werte bei Neugeborenen machen sie, in Übereinstimmung mit anderen Autoren (z. B. 5,9,17, 29,31,34), eine geringe Fähigkeit der Ausscheidung von H-Ionen, vor allem in Form von Titrationsacidität verantwortlich. HATEMI und McCANCE fanden bei mit Frauenmilch ernährten Kindern bei Belastung mit NH_4Cl einen Anstieg der Ausscheidung der TA von 4 mÄq/kg KG und Tag auf 8 mÄq/kg KG und Tag. Nach Verabreichen einer neutralen Phosphat-Lösung stieg die Ausscheidung der TA von 12,6 mÄq auf 28 mÄq/kg KG und Tag. HATEMI und McCANCE messen dieser Steigerung der TA eine wesentliche Bedeutung zu. Der Vergleich mit den Angaben in ihrer Tabelle 2 über das Verhalten des Gesamt- CO_2 (s.Tab.13) läßt einen Einfluß auf das Verhalten des

Säure-Basen-Gleichgewichtes im Blut jedoch zweifelhaft erscheinen.

VON RIMSCHA hatte bei den von ihm untersuchten Säuglingen festgestellt, daß die Ausscheidung von TA nach Belastung mit NH_4Cl nicht immer ansteigt und daß sich keine sicheren Beziehungen zum Verhalten der Standard-Bicarbonat-Werte ergaben. Die TA steigt bei 5 der 10 von uns untersuchten Säuglingen am 1. Belastungstag an, bei den übrigen nicht. Bei den beiden Belastungen bei dem Kind P.B., bei denen gleichzeitig eine neutrale Na-Phosphat-Lösung gegeben wurde, steigt die TA-Ausscheidung zwar an, doch ist kein deutlicher Einfluß auf das Verhalten der Standard-Bicarbonat-Werte zu erkennen (Abb.6 und 7). Bei den beiden von uns untersuchten Säuglingen, denen wir eine neutrale Na-Phosphat-Lösung in ähnlicher Weise wie HATEMI und McCANCE verabreichten, steigt nach Mehrzufuhr von Phosphat zwar die Phosphatausscheidung im Harn an, ebenfalls die Ausscheidung der TA, jedoch ist ein günstiger Einfluß auf das Säure-Basen-Gleichgewicht im Blut nach der NH_4Cl -Verabreichung nicht festzustellen. Nach der Verabreichung von NH_4Cl fällt bei diesen Säuglingen sowohl die Ausscheidung von HPO_4 als auch die von TA gegenüber dem Vortag ab. Bei dem Kind M.C. steigt das Standard-Bicarbonat am Morgen des folgenden Tages um 0,3 mÄq/l über den Ausgangswert, bei dem Kind W.M. bleibt das Standard-Bicarbonat auch am Nachtag um fast 5 mÄq/l unter dem Ausgangswert.

Insgesamt zeigt sich der bekannte und von WEBER besonders bearbeitete Zusammenhang zwischen der Ausscheidung von HPO_4 und TA, jedoch läßt sich im Verlaufe von Säurebelastungen mit NH_4Cl , wie BAUERDICK bei den hier untersuchten Probanden zeigen konnte, keine Beziehung der Ausscheidung von Phosphat zur Ausscheidung eines der anderen Elektrolyte erkennen.

Zusammenfassung:

Bei Untersuchungen über die Reaktion junger Säuglinge auf sogenannte Säurebelastungen mit NH_4Cl fand VON RIMSCHA einen Zusammenhang zwischen den zugeführten Cl-Mengen und dem Abfall der Standard-Bicarbonat-Werte im Blut. Der Wiederanstieg der Standard-Bicarbonat-Werte am Nachttag konnte durch eine rasche Mehrausscheidung von Cl nicht erklärt werden. Sie betrug innerhalb von 8 Stunden im Mittel weniger als 30 % der mit NH_4Cl zugeführten Cl-Mengen, dazu kam noch eine Mehrausscheidung von Na, die etwa die Hälfte der Mehrausscheidung von Cl ausmachte. Dennoch hatten die Standard-Bicarbonat-Werte an den Nachttagen die Ausgangswerte vor der Belastung fast wieder erreicht.

Als Erklärung diskutiert VON RIMSCHA mehrere Möglichkeiten:

1. In den anschließenden Nachtstunden erfolgt eine sehr große Mehrausscheidung von Cl.
2. Die Na-Verluste werden durch eine vermehrte Resorption von Na aus dem Darm kompensiert.
3. Der aus der Minderausscheidung von Cl und der Mehrausscheidung von Na errechnete "Säureüberschuß" wird im Organismus kompensiert.

Um diese Frage zu beantworten, wurden bei 8 gesunden Säuglingen unter Stoffwechselbedingungen Säurekurzbelastungen mit NH_4Cl durchgeführt, wobei über einen bis mehrere Tage vor und nach der Belastung die Harnе quantitativ gesammelt und untersucht wurden. Außerdem wurde das Säure-Basen-Gleichgewicht im Blut mit der ASTRUP-Mikromethode laufend untersucht.

Die Ergebnisse zeigten, daß die hauptsächliche Steigerung der Cl-Ausscheidung innerhalb von 4 bis 6 Stunden nach der Verabreichung von NH_4Cl erfolgt und daß die Ausscheidung in den Nachtstunden wesentlich geringer ist. Die Mehrausscheidung von Cl am Belastungstag gegenüber dem Vortag betrug bei den Säuglingen im Mittel etwa 50 % der mit dem NH_4Cl zugeführten Cl-Mengen. Es zeigte sich, daß die Mehrausscheidung von Cl durch eine Mehrausscheidung von Na

und NH_4 etwa zu gleichen Teilen und zum geringeren Teil durch eine Mehrausscheidung von K kompensiert wird.

Die Ausscheidung von Na und NH_4 in den Nachtstunden und an den Nachtagen, vor allem im Verlauf von wiederholten Belastungen mit NH_4Cl an zwei aufeinanderfolgenden Tagen verhielt sich unterschiedlich.

Aus den Untersuchungen ist zu schließen, daß eine Mehrausscheidung von Cl in den Nachtstunden nicht für den Wiederanstieg der Standard-Bicarbonat-Werte am Nachtag maßgeblich sein kann. Die verzögerte Cl-Ausscheidung an den Nachtagen nach der Belastung zeigt, daß tatsächlich mehr Cl bei der Belastung resorbiert als am gleichen Tage wieder ausgeschieden wurde.

Das Verhalten der Na-Ausscheidung an den Nachtagen läßt andererseits darauf schließen, daß zur Mehrausscheidung von Cl, Na aus den Knochen mobilisiert und im Verlauf der Nachtage die Knochen-depots wieder aufgefüllt werden.

Nach diesen Befunden konnte geschlossen werden, daß als Erklärung für den Wiederanstieg der Standard-Bicarbonat-Werte an den Nachtagen lediglich eine "interne" Kompensation der metabolischen Azidose in Frage kommt. Aus der Minderausscheidung von Cl und der Mehrausscheidung von Na wurde der sog. Säureüberschuß errechnet und zur Differenz der Standard-Bicarbonat-Werte vor der Belastung und am Nachtag in Beziehung gesetzt. Aus dieser Berechnung ergab sich, daß wahrscheinlich auch der Intrazellulärraum zur Pufferung herangezogen wird, eine Möglichkeit, auf die vor allem BERGSTROM hingewiesen hat.

Schließlich konnte in Untersuchungen bei gleichzeitiger Verabreichung von NH_4Cl und einer neutralen Phosphat-Lösung gezeigt werden, daß eine Mehrausscheidung von Titrationsacidität keine Bedeutung für die rasche Normalisierung der Standard-Bicarbonat-Werte im Blut hat.

Tabelle 1:

Die pro kg zugeführte Menge an NH_4Cl in mmol/kg KG und der dadurch provozierte Abfall der Standard-Bicarbonat-Werte bei den Säuglingen der Untersuchungsreihe von VON RIMSCHA.

	Zufuhr von NH_4Cl mmol/kg KG	Abfall der Standard-Bicarbonat-Konzentration im Blut mmol/l
Leichte Belastung	3,2 (2,8 - 3,6)	3,7 (3,43 - 4,04)
Schwere Belastung	6,2 (5,2 - 7,3)	6,1 (5,15 - 6,96)

Tabelle 2:

Zufuhr von NH_4Cl in mmol/kg KG, Mehrausscheidung von Cl und Na in mäg/kg KG sowie in % der mittleren NH_4Cl -Zufuhr während 8 Stunden, aus der Minderausscheidung von Cl und der Mehrausscheidung von Na errechneter "Säureüberschuß" sowie die Standard-Bicarbonat-Werte vor der Belastung und am Nachtag und deren Differenz bei den Säuglingen der 4 Nahrungsgruppen bei Belastung mit 112 mmol NH_4Cl /1,0 m² KO. (VON RIMSCHA)

Nahrungsgruppe	Zufuhr von NH_4Cl in mmol/kg KG	Mehrauss. v. Cl in		Mehrauss. v. Na in		"Säureübersch." mäg/kg KG	Standard-Bicarbonat-Werte mäg/l		
		mäg/kg KG	% der NH_4Cl -Menge	mäg/kg KG	% der NH_4Cl -Menge		vor Belastung	Nachtag	Differenz
A	6,2	1,695	27,3	1,19	19,2	5,70	20,80	20,08	- 0,72
B	6,2	1,54	24,8	0,89	14,3	5,55	22,94	20,98	- 1,94
C	6,2	1,15	18,5	0,70	11,3	5,75	23,44	20,28	- 3,16
D	6,2	1,04	16,8	0,60	9,3	5,66	23,98	18,23	- 5,75

Tabelle 3:

Verhalten der Tagesausscheidung von TA, NH_4 , Na, K, Cl u. HPO_4 im Harn in mÄq/kg KG bei dem Kind W.H. bei einmaliger Belastung und bei Belastung an 2 aufeinanderfolgenden Tagen mit jeweils 112 mMol $\text{NH}_4\text{Cl}/1,0 \text{ m}^2 \text{ KO}$ nach einem Intervall von 5 Tagen während Ernährung mit Alele I.

Datum	Belastung	Harnausscheidung in mÄq/kg KG/Tag						
		NH ₄ Cl/kg KG	TA	NH ₄	Na	K	Cl	HPO ₄
3./ 4.6.			1,726	2,285	0,156	1,870	1,561	3,080
4./ 5.6.	5,47 mMol		1,695	3,622	0,985	1,813	3,773	2,520
5./ 6.6.			1,953	5,035	0,456	1,062	2,359	2,840
6./ 7.6.			1,785	2,987	0,094	1,005	1,520	2,865
7./ 8.6.			1,965	3,430	0,118	1,450	1,375	3,076
8./ 9.6.			2,050	3,445	0,296	1,296	1,330	2,379
9./10.6.			1,684	2,642	0,319	1,388	1,310	2,341
10./11.6.	5,31 mMol		1,538	8,849	2,454	2,248	4,755	2,632
11./12.6.	5,36 mMol		1,622	10,457	2,938	2,159	6,837	3,229
12./13.6.			1,234	10,710	0,189	1,194	2,932	3,100
13./14.6.			1,148	6,764	0,035	1,475	2,235	3,365
14./15.6.			1,268	5,733	0,025	1,933	2,110	3,265
15./16.6.			1,468	4,560	0,065	2,525	1,855	3,145

Tabelle 4:

Verhalten der Tagesausscheidung von TA, NH_4 , Na, K, Cl und HPO_4 im Harn in mäg/kg KG bei dem Kind M.E. bei Belastung mit je 112 mMol $\text{NH}_4\text{Cl}/1,0 \text{ m}^2 \text{ KO}$ an 2 aufeinanderfolgenden Tagen während Ernährung mit NAN

Datum	Belastung $\text{NH}_4\text{Cl}/\text{kg KG}$	Harnausscheidung in mäg/kg KG/Tag				
		TA	NH_4	Na	K	Cl
1./2.9.		1,103	1,704	0,561	1,745	0,673
2./3.9.	4,84 mMol	0,928	2,295	0,982	1,600	2,430
3./4.9.	5,82 mMol	1,097	4,740	0,595	1,580	4,410
4./5.9.		0,770	3,500	0,0037	0,500	1,680
5./6.9.		0,403	2,450	0,017	1,025	0,865
6./7.9.		0,320	1,200	0,383	0,990	0,466
						2,540
						4,730
						4,220
						2,720
						2,900
						1,830

Tabelle 5:

Verhalten der Tagesausscheidung von TA, NH_4 , Na, K, Cl und HPO_4 im Harn in mÄq/kg KG bei dem Kind F.A. bei Belastung mit je 112 mMol $\text{NH}_4\text{Cl}/1,0 \text{ m}^2 \text{ KO}$ an 2 aufeinanderfolgenden Tagen während Ernährung mit NAN

Datum	Belastung $\text{NH}_4\text{Cl}/\text{kg KG}$	Harnausscheidung in mÄq/kg KG/Tag					
		TA	NH_4	Na	K	Cl	HPO_4
7. / 8.7.		0,803	1,037	0,1415	1,15	0,3065	2,900
8. / 9.7.	6,56 mMol	1,268	4,300	1,745	1,835	5,000	4,970
9. / 10.7.	6,54 mMol	1,275	6,050	0,748	1,322	4,000	4,955
10./11.7.		0,564	2,445	0,034	0,273	1,403	3,000
11./12.7.		0,610	2,255	0,041	1,175	1,435	3,340

Tabelle 6:

Verhalten der Tagesausscheidung von TA, NH_4 , Na, K, Cl und HPO_4 im Harn in $\text{m}\ddot{\text{a}}\text{q}/\text{kg KG}$ bei dem Kind K.J. bei Belastung mit je 112 mMol $\text{NH}_4\text{Cl}/1,0 \text{ m}^2 \text{ KO}$ an 2 aufeinanderfolgenden Tagen während Ernährung mit NAN

Datum	Belastung	Harnausscheidung in $\text{m}\ddot{\text{a}}\text{q}/\text{kg KG}/\text{Tag}$				
		TA	NH_4	Na	K	Cl
	$\text{NH}_4\text{Cl}/\text{kg KG}$					HPO_4
28./29.6.		0,982	1,200	0,855	1,970	1,048
29./30.6.	6,34 mMol	1,016	2,570	1,160	1,900	3,220
30.6./1.7.	4,40 mMol	1,300	4,460	1,245	1,050	4,920
1. / 2.7.		0,923	4,040	0,012	0,898	2,230
						2,330

Tabelle 7:

Verhalten der Tagesausscheidung von TA, NH_4 , Na, K, Cl und HPO_4 im Harn in mäg/kg KG bei dem Kind V.M. bei Belastung mit je 112 mMol $\text{NH}_4\text{Cl}/1,0 \text{ m}^2 \text{ KO}$ an 2 aufeinanderfolgenden Tagen während Ernährung mit NAN

Datum	Belastung $\text{NH}_4\text{Cl/kg KG}$	Harnausscheidung in mEq/kg KG/Tag					
		TA	NH_4	Na	K	Cl	HPO_4
6./6.9.		0,474	0,645	0,258	2,460	0,588	1,980
6./7.9.	4,20 mMol	0,645	1,080	0,708	2,760	1,715	1,825
7./8.9.	5,27 mMol	0,938	1,948	1,850	2,500	4,680	1,252
8./9.9.		0,476	2,870	0,520	1,645	2,000	2,430

Tabelle 8:

Verhalten der Tagesausscheidung von TA, NH_4 , Na, K, Cl und HPO_4 im Harn in mÄq/kg KG bei dem Kind P.B. während einer Untersuchungsfolge, bei der nach einem Vortag zunächst eine Belastung mit 112 mMol $\text{NH}_4\text{Cl}/1,0 \text{ m}^2$ KO und nach einem Intervall von 1 Tag eine Belastung mit der gleichen Menge NH_4Cl und einer neutralen Na-Phosphatlösung durchgeführt wurde. Das Kind wurde in dieser Zeit mit Alele I ernährt.

Datum	Belastung	Harnausscheidung in mÄq/kg KG/Tag					
		TA	NH_4	Na	K	Cl	HPO_4
25.1.		1,83	2,63	0,70	1,73	1,61	4,05
26.1.	5,72 mMol $\text{NH}_4\text{Cl}/\text{kg KG}$	1,50	2,68	1,45	1,68	3,83	1,38
27.1.		1,09	1,89	0,62	0,87	2,16	2,43
28.1.	6,45 mMol $\text{NH}_4\text{Cl}/\text{kg KG}$ + 6,45 mÄq HPO_4 /kg KG	2,26	2,89	1,87	1,70	4,50	4,68
29.1.		1,41	3,07	0,80	1,26	2,35	3,18

Tabelle 9:

Die Befunde bei dem Kind P.B. bei der gleichen Untersuchungsfolge wie Tabelle 8 während der Ernährung mit Pelargon.

Datum	Belastung	Harnausscheidung in mEq/kg KG/Tag					
		TA	NH ₄	Na	K	Cl	HPO ₄
1.2.		2,30	2,55	0,81	1,94	2,42	4,45
2.2.	5,57 mMol NH ₄ Cl/kg KG	2,05	3,80	2,89	2,50	4,99	4,03
3.2.		1,38	3,82	0,90	1,67	2,52	3,43
4.2.	6,45 mMol NH ₄ Cl/kg KG + 6,45 mEq HPO ₄ /kg KG	4,15	4,06	2,16	1,63	4,23	6,09
5.2.		3,01	3,97	1,44	1,61	3,04	4,66

Tabelle 10:

Verhalten der Tagesausscheidung von TA, NH_4 , Na, K, Cl und HPO_4 im Harn in mäg/kg KG bei dem Kind W.B. bei Belastung mit 112 mMol/1,0 m² KO sowie einer 2. Belastung mit der gleichen Menge NH_4Cl bei zusätzlicher Verabreichung einer neutralen Na-Phosphatlösung am Vortag, Belastungstag und Nachttag während Ernährung mit NAN.

Datum	Belastung	Harnausscheidung in mäg/kg KG/Tag					
		TA	NH_4	Na	K	Cl	HPO_4
30.11./1.12.		0,838	1,315	0,530	1,255	1,150	1,448
1.12./2.12.	6,95 mMol $\text{NH}_4\text{Cl/kg KG}$	1,000	2,860	4,450	1,805	6,420	1,906
2.12./3.12.		1,190	2,547	0,766	0,803	3,045	1,615
3.12./4.12.		1,195	3,265	0,543	0,440	1,915	1,905
4.12./5.12.	112 mäg HPO_4 /1,0 m ² KO	1,485	3,480	0,537	0,767	1,680	2,830
5.12./6.12.	5,95 mMol $\text{NH}_4\text{Cl/kg KG}$ + 112 mäg HPO_4 /1,0 m ² KO	1,155	2,430	1,725	1,190	3,820	2,580
6.12./7.12.	112 mäg HPO_4 /1,0 m ² KO	0,755	2,660	0,445	1,390	1,875	2,890

Tabelle 11:

Verhalten der Tagesausscheidung von TA, NH_4 , Na, K, Cl und HPO_4 im Harn in mäg/kg KG bei dem Kind M.C. bei Belastung mit 112 mMol $\text{NH}_4\text{Cl}/1,0 \text{ m}^2 \text{ KO}$ sowie einer 2. Belastung mit der gleichen Menge NH_4Cl bei zusätzlicher Verabreichung einer neutralen Na-Phosphatlösung am Vortag, Belastungstag und Nachttag während Ernährung mit NAN.

Datum	Belastung	Harnausscheidung in mäg/kg KG/Tag				
		TA	NH_4	Na	K	Cl
4./ 5.1.		1,125	0,857	1,065	2,495	1,590
5./ 6.1.	6,70 mMol $\text{NH}_4\text{Cl}/\text{kg KG}$	2,940	2,000	2,300	3,840	4,480
6./ 7.1.		3,520	2,770	0,693	1,600	2,560
7./ 8.1.		3,870	1,763	0,525	2,015	1,685
8./ 9.1.	112 mäg HPO_4 /1,0 $\text{m}^2 \text{ KO}$	4,540	1,393	1,348	1,976	1,261
9./10.1.	6,34 mMol $\text{NH}_4\text{Cl}/\text{kg KG}$ + 112 mäg HPO_4 /1,0 $\text{m}^2 \text{ KO}$	2,440	1,464	2,205	1,880	3,211
10./11.1.	112 mäg HPO_4 /1,0 $\text{m}^2 \text{ KO}$	2,585	2,142	0,721	1,582	1,695
						2,345

Tabelle 12:

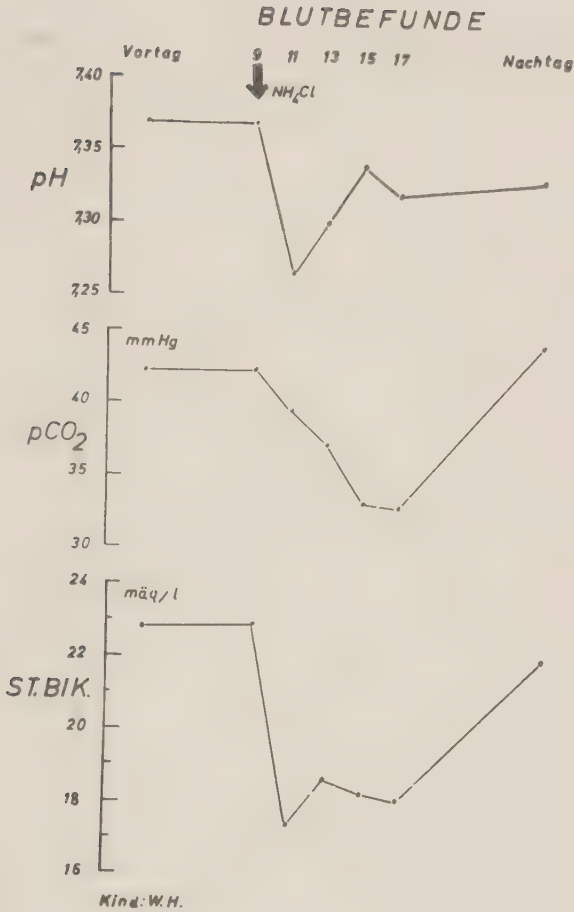
Zufuhr von Cl mit NH_4Cl , Mehrausscheidung von Cl und Mehrausscheidung von Na an den einzelnen Belastungstagen, bezogen jeweils auf den Vortag, der aus der Minderausscheidung von Cl und der Mehrausscheidung von Na errechnete "Säureüberschuß" und die Differenz der Standard-Bicarbonat-Werte zu denen vor der Belastung und nach jeweils 24 Stunden.

Kind	M.E.	F.A.	K.J.	V.M.	Mittelwert
Cl-Zufuhr mit NH_4Cl mäg/kg KG	4,84	6,56	6,34	4,20	
Mehrausscheidung Cl mäg/kg KG	+ 1,76	+ 4,69	+ 2,17	+ 1,13	
Minderausscheidung Cl mäg/kg KG	3,08	1,87	4,17	3,07	
Mehrausscheidung Na mäg/kg KG	+ 0,42	+ 1,33	+ 0,30	+ 0,45	
"Säureüberschuß" mäg/kg KG	3,50	3,20	4,47	+ 3,52	+ 3,87
Differenz der Standard-Bicarbonat-Werte vor Belastung und am Nachttag mäg/l	- 1,30	- 1,80	- 6,80	- 0,30	- 2,55
Nach Berechnung zu erwartende Verschiebung der Standard-Bicarbonat-Werte mäg/l	- 12,40	- 11,20	- 15,60	- 12,40	- 12,9

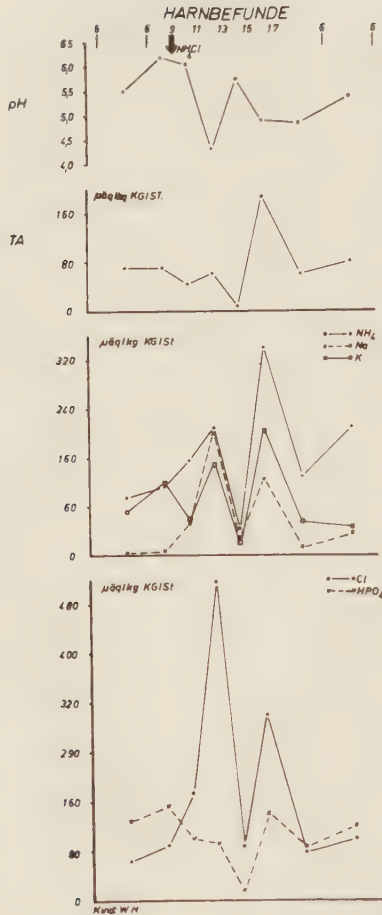
Tabelle 13:

Verhalten der Tagesausscheidung von TA im Harn und der Gesamt-CO₂-Werte im Blut bei den Neugeborenen mit und ohne zusätzlicher HPO₄-Gabe von HATEMI und McCANCE.

	Ausscheidung von TA mäq/kg KG/Tag		Verhalten der Gesamt-CO ₂ -Werte	
	vor NH ₄ Cl	nach NH ₄ Cl	vor NH ₄ Cl	nach NH ₄ Cl
Frauenmilch	4	8,0	24 + 2,1	19 + 3,3
Frauenmilch + Phosphat	12,6	28,0	25 + 1,4	21 + 2,5

Abb. 1

Das Verhalten der pH, pCO₂ und Standard-Bicarbonat-Werte im Blut bei dem Kind W.H. Die Werte beziehen sich auf den Vor-, Belastungs- und Nachttag. Das Kind wurde bei dieser Belastung von 112 mMol $\text{NH}_4\text{Cl}/1,0 \text{ m}^2 \text{ KO}$ mit Alete I ernährt.

Abb. 2

Das Verhalten von pH, TA, der Kationen- und Anionenausscheidung im Harn bei dem Kind W.H. Die Werte beziehen sich auf den Vor-, Belastungs- und Nachtag. Das Kind wurde bei dieser Belastung von 112 mmol NH₄Cl/1,0 m² KO mit Alete I ernährt.

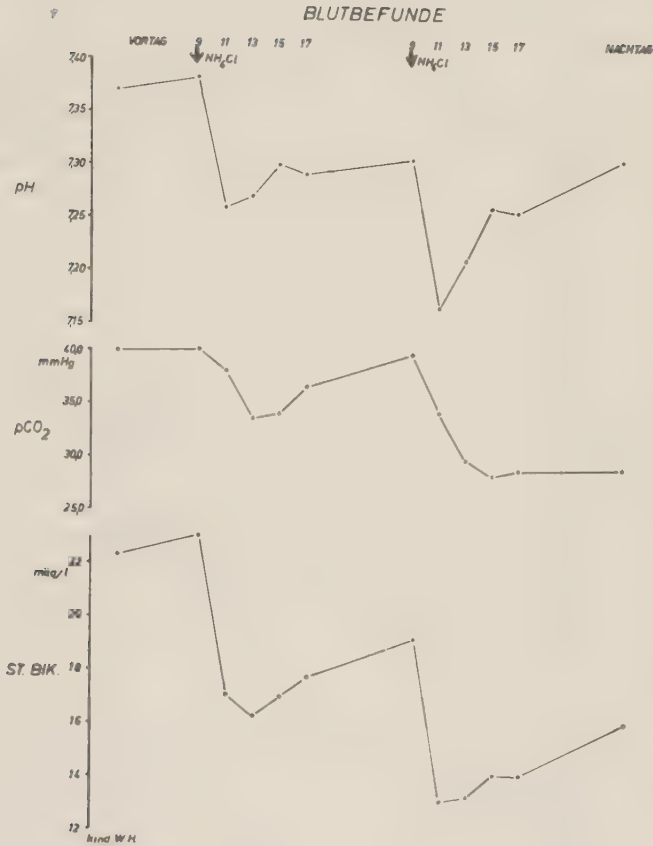


Abb. 3

Das Verhalten der pH, pCO₂ und Standard-Bicarbonat-Werte im Blut bei dem Kind W.H. Die Werte beziehen sich auf den Vortag, zwei Belastungstage und Nachttag. Das Kind wurde bei dieser Belastung von 112 mmol NH₄Cl/1,0 m² KO an 2 aufeinanderfolgenden Tagen mit Alete I ernährt.

HARNBEFUNDE

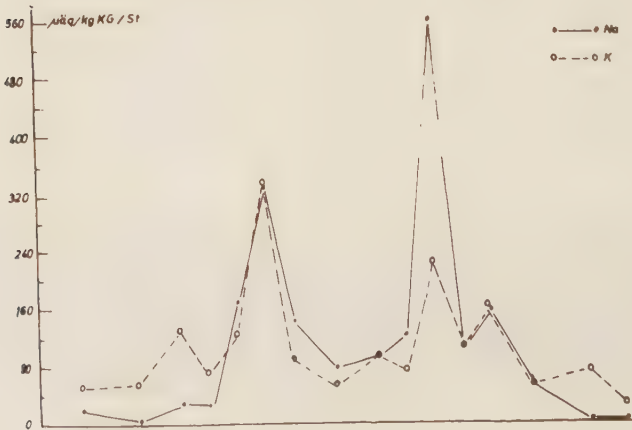
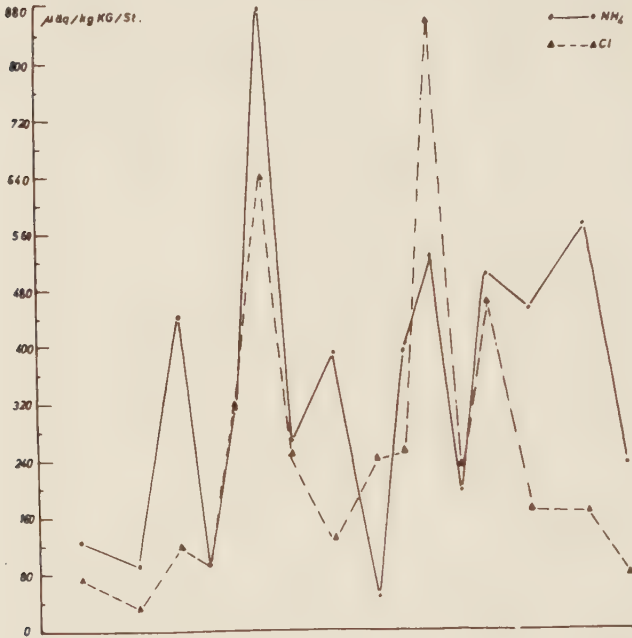
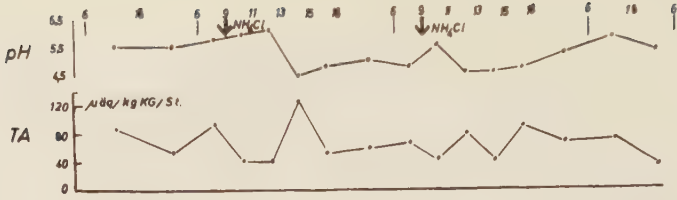
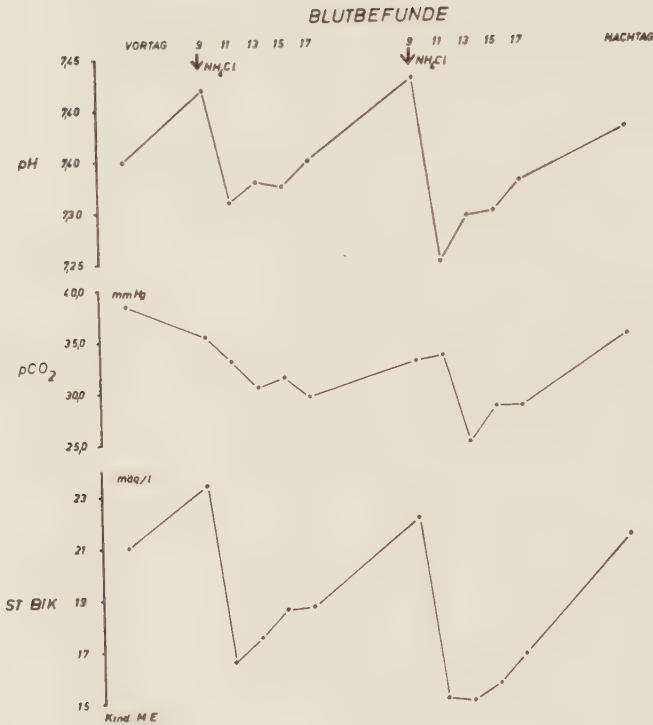


Abb. 4

Das Verhalten von pH, TA, der Kationen- und Anionenausscheidung im Harn bei dem Kind W.H. Die Werte beziehen sich auf den Vortag, zwei Belastungstage und Nachtag. Das Kind wurde bei dieser Belastung von 112 mMol NH_4Cl /1,0 m² KO an 2 aufeinanderfolgenden Tagen mit Alete I ernährt.

**Abb. 5**

Das Verhalten der pH, pCO₂ und Standard-Bicarbonat-Werte im Blut bei dem Kind M.E. Die Werte beziehen sich auf den Vortag, zwei Belastungstage und Nachttag. Das Kind wurde bei dieser Belastung von 112 mMol NH₄Cl/1,0 m² KO an 2 aufeinanderfolgenden Tagen mit NAN ernährt.

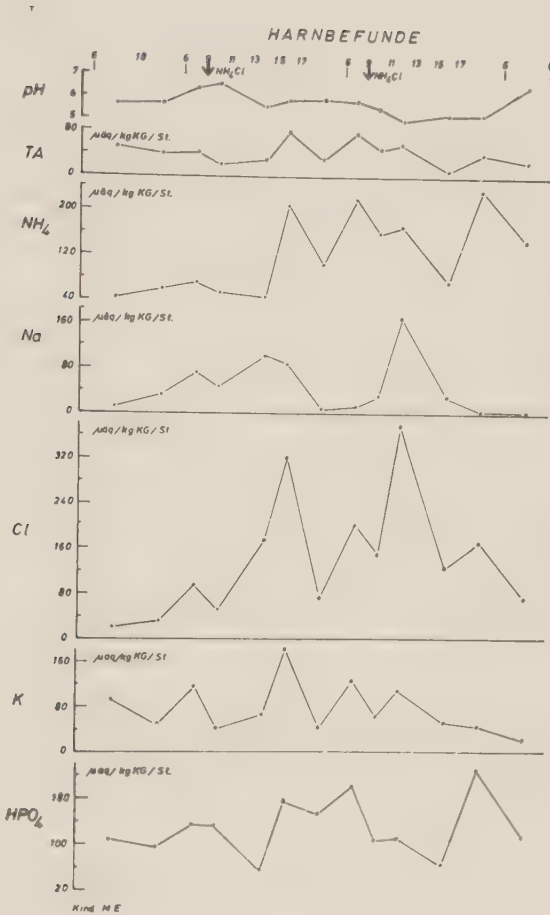
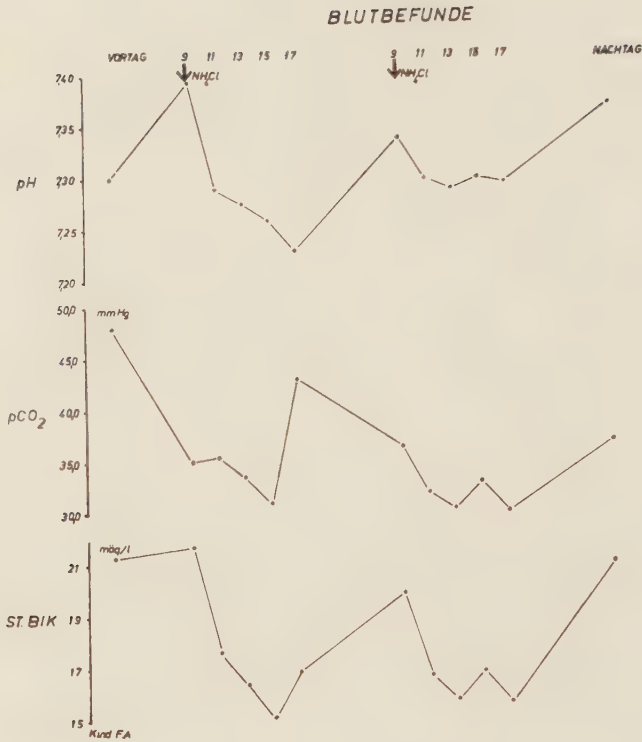


Abb. 6

Das Verhalten von pH, TA, der Kationen- und Anionenausscheidung im Harn bei dem Kind M.E. Die Werte beziehen sich auf den Vortag, zwei Belastungstage und Nachttag. Das Kind wurde bei dieser Belastung von $112 \text{ mmol NH}_4\text{Cl} / 1,0 \text{ m}^2 \text{ KO}$ an 2 aufeinanderfolgenden Tagen mit NAN ernährt.

**Abb. 7**

Das Verhalten der pH, pCO₂ und Standard-Bicarbonat-Werte im Blut bei dem Kind F.A. Die Werte beziehen sich auf den Vortag, zwei Belastungstage und Nachttag. Das Kind wurde bei dieser Belastung von 112 mMol NH₄Cl/1,0 m² KO an 2 aufeinanderfolgenden Tagen mit NAN ernährt.

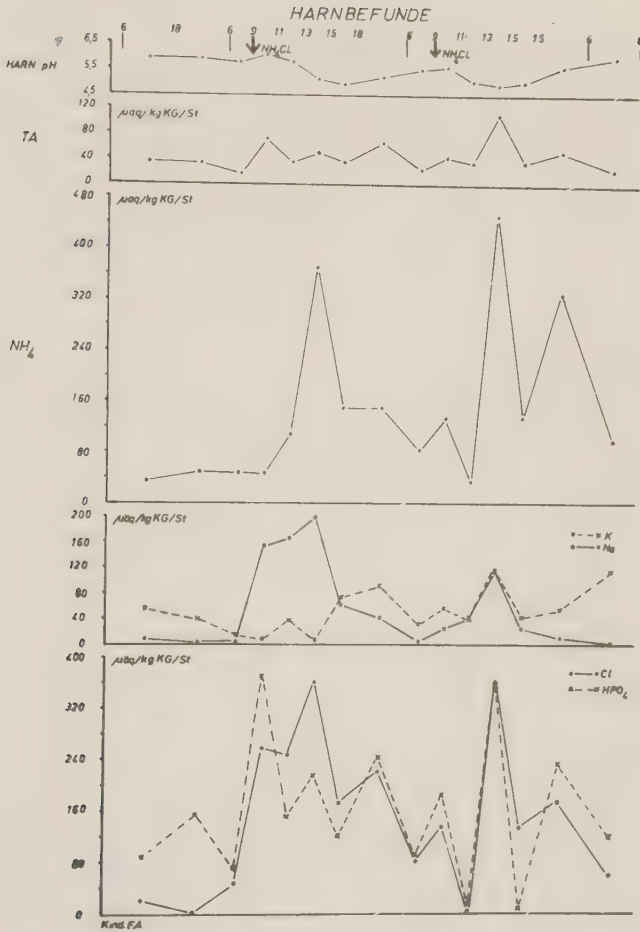
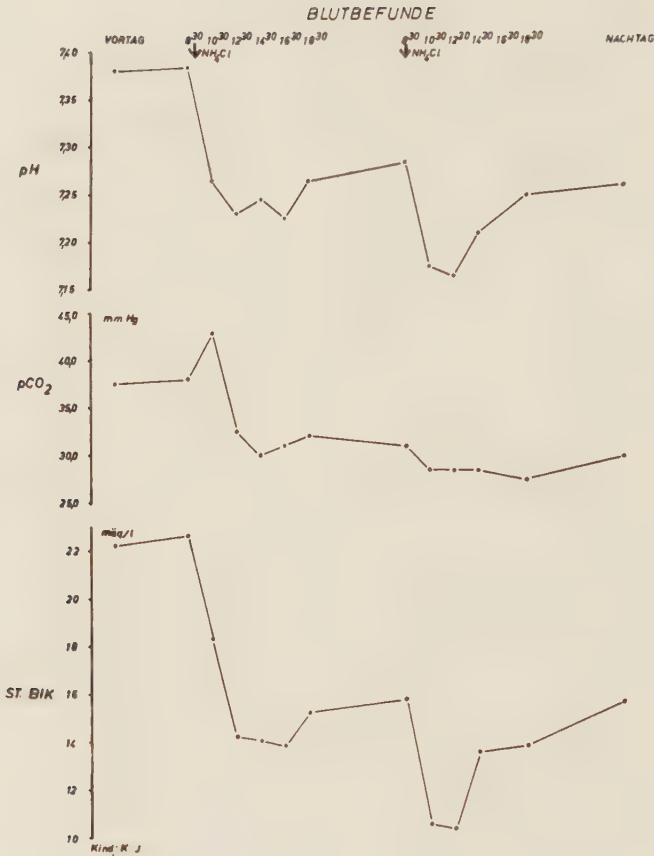


Abb. 8

Das Verhalten von pH, TA, der Kationen- und Anionenausscheidung im Harn bei dem Kind F.A. Die Werte beziehen sich auf den Vortag, zwei Belastungstage und Nachttag. Das Kind wurde bei dieser Belastung von 112 mmol NH₄Cl/1,0 m² KO an 2 aufeinanderfolgenden Tagen mit NAN ernährt.

**Abb. 9**

Das Verhalten der pH, pCO₂ und Standard-Bicarbonat-Werte im Blut bei dem Kind K. J. Die Werte beziehen sich auf den Vortag, zwei Belastungstage und Nachtag. Das Kind wurde bei dieser Belastung von 112 mMol NH₄Cl/1,0 m² KO an 2 aufeinanderfolgenden Tagen mit . NAN ernährt.

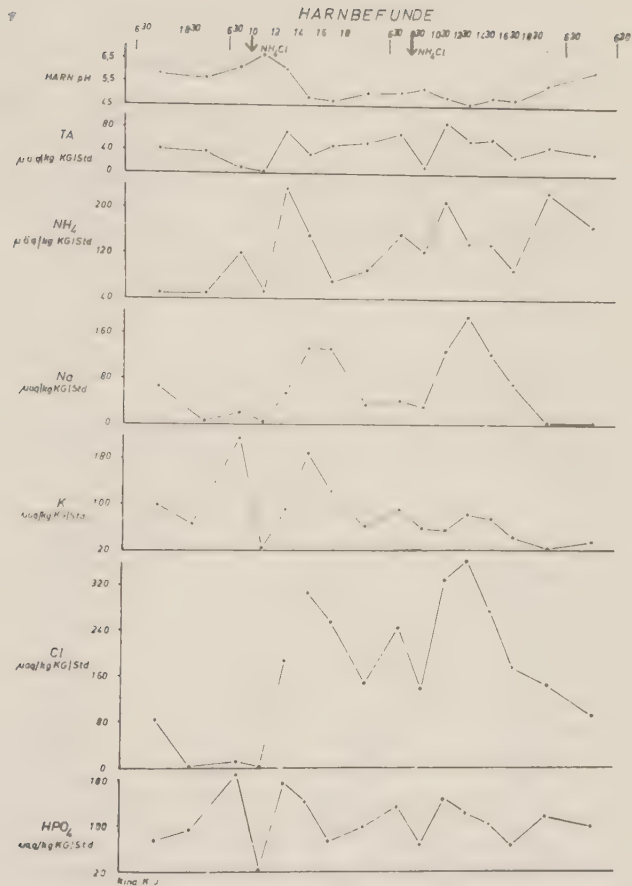


Abb. 10

Das Verhalten von pH, TA, der Kationen- und Anionenausscheidung im Harn bei dem Kind K.J. Die Werte beziehen sich auf den Vortag, zwei Belastungstage und Nachttag. Das Kind wurde bei dieser Belastung von $112 \text{ mmol NH}_4\text{Cl}/1,0 \text{ m}^2 \text{ KO}$ an 2 aufeinanderfolgenden Tagen mit NAN ernährt.

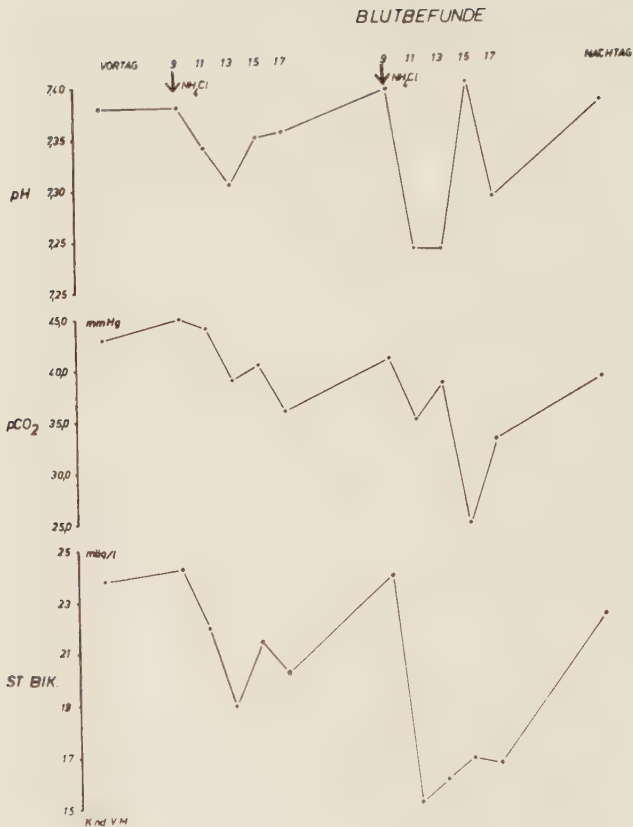


Abb. 11

Das Verhalten der pH, pCO₂ und Standard-Bicarbonat-Werte im Blut bei dem Kind V.M. Die Werte beziehen sich auf den Vortag, zwei Belastungstage und Nachttag. Das Kind wurde bei dieser Belastung von 112 mmol NH₄Cl/1,0 m² KO an 2 aufeinanderfolgenden Tagen mit NAN ernährt.

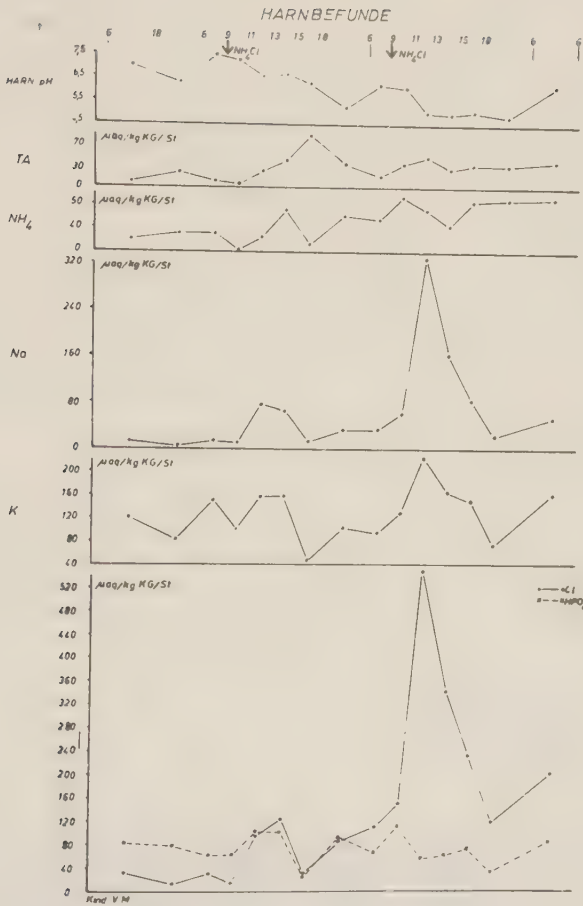
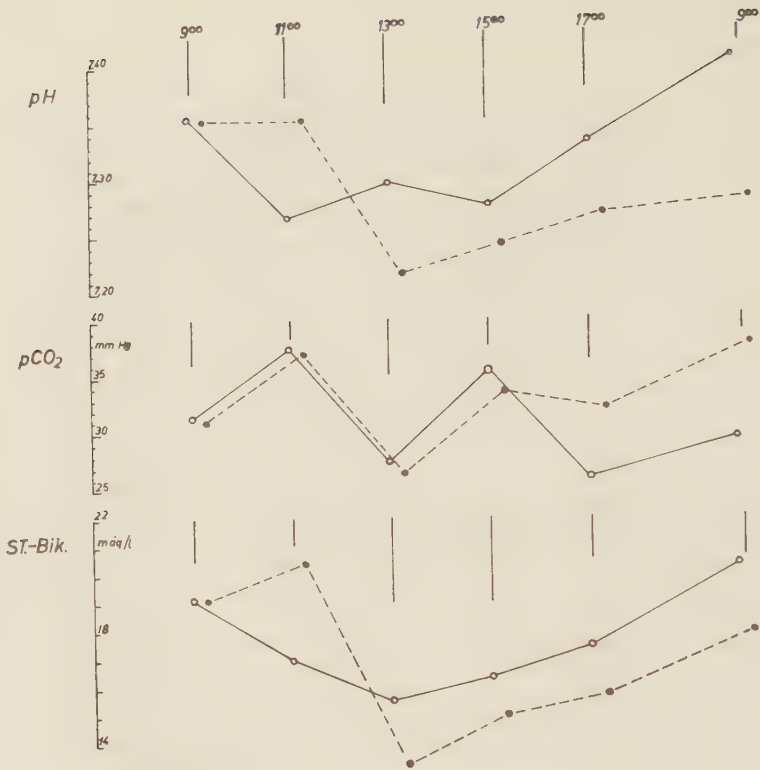
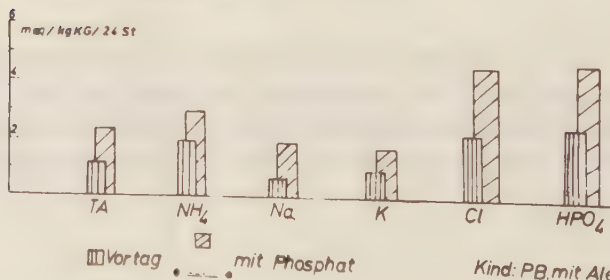


Abb. 12

Das Verhalten von pH, TA, der Kationen- und Anionenausscheidung im Harn bei dem Kind V.M. Die Werte beziehen sich auf den Vortag, zwei Belastungstage und Nachttag. Das Kind wurde bei dieser Belastung von $112 \text{ mmol NH}_4\text{Cl}/1,0 \text{ m}^2 \text{ KO}$ an 2 aufeinanderfolgenden Tagen mit NAN ernährt.



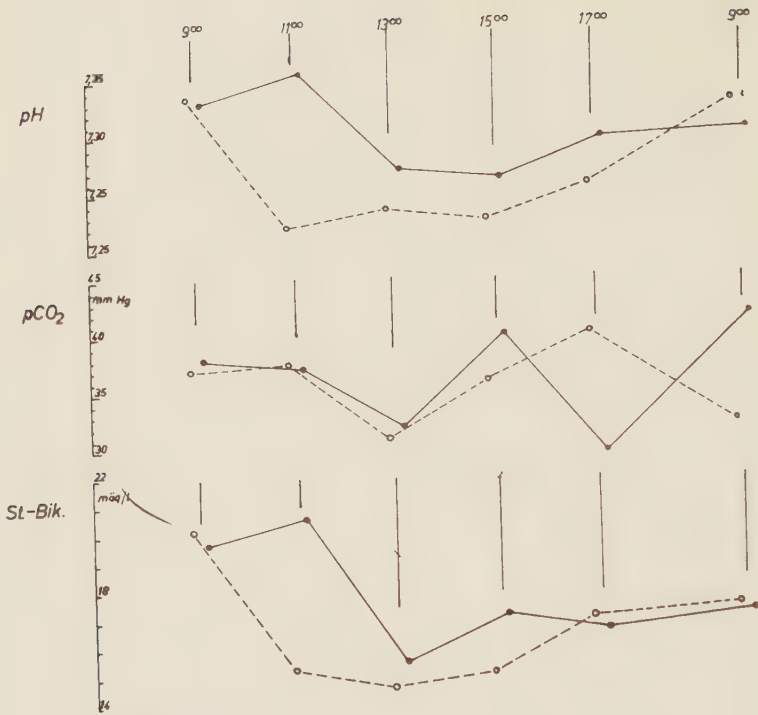
Harnausscheidung



Kind: PB. mit Alete 1

Abb. 13

Das Verhalten der pH, $p\text{CO}_2$ und Standard-Bicarbonat-Werte im Blut bei dem Kind P.B. während Ernährung mit Alete I. Die Werte beziehen sich auf den Belastungs- und Nachtag nach einer ersten Belastung von 112 mMol $\text{NH}_4\text{Cl}/1,0 \text{ m}^2 \text{ KO}$. Nach einem Intervall von einem Tag wurde nach gleicher Versuchsanordnung zusätzlich eine neutrale Natrium-Phosphat-Lösung von 112 mEq $\text{HPO}_4/1,0 \text{ m}^2 \text{ KO}$ gegeben. Außerdem ist die Tagesausscheidung von TA, der Kationen und Anionen im Harn am Vor- und Belastungstag bei den o. a. Bedingungen dargestellt.



Harnausscheidung

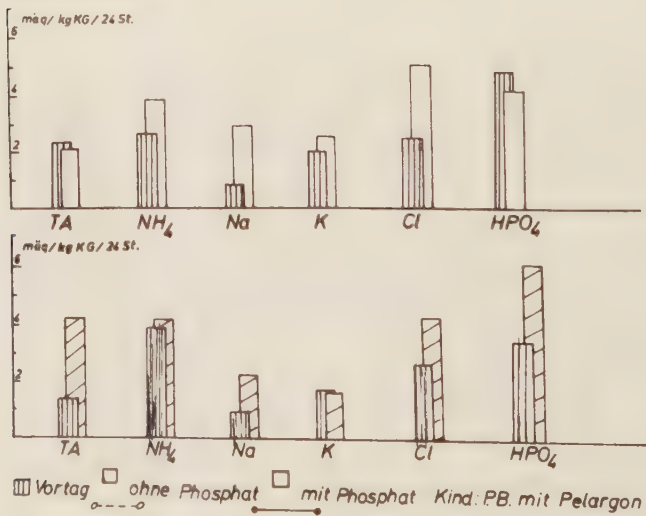


Abb. 14

Das Verhalten der pH, $p\text{CO}_2$ und Standard-Bicarbonat-Werte im Blut bei dem Kind P.B. während Ernährung mit Pelargon. Die Werte beziehen sich auf den Belastungs- und Nachtag nach einer ersten Belastung von $112 \text{ mMol NH}_4\text{Cl}/1,0 \text{ m}^2 \text{ KO}$. Nach einem Intervall von einem Tag wurde nach gleicher Versuchsanordnung zusätzlich eine neutrale Natrium-Phosphat-Lösung von $112 \text{ mEq HPO}_4/1,0 \text{ m}^2 \text{ KO}$ gegeben. Außerdem ist die Tagesausscheidung von TA, der Kationen und Anionen im Harn am Vor- und Belastungstag bei den o.a. Bedingungen dargestellt.

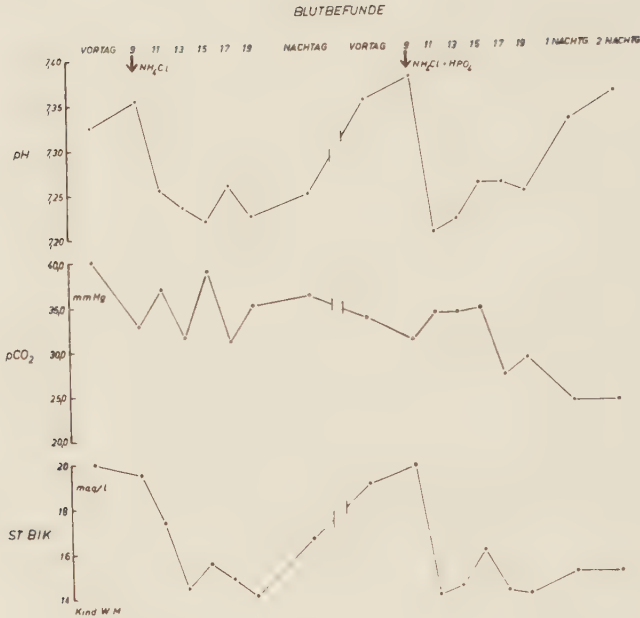


Abb. 15

Das Verhalten der pH, pCO₂ und Standard-Bicarbonat-Werte im Blut bei dem Kind W.M. während Ernährung mit NAN. Die Werte beziehen sich auf Vor-, Belastungs- und Nachtage. Bei der ersten Belastung erhielt das Kind 112 mMol $\text{NH}_4\text{Cl}/1,0 \text{ m}^2 \text{ KO}$. Bei der zweiten Belastung wurden an 3 aufeinanderfolgenden Tagen eine neutrale Natrium-Phosphat-Lösung von 112 mEq $\text{HPO}_4/1,0 \text{ m}^2 \text{ KO}$ und zusätzlich am Belastungstag 112 mMol $\text{NH}_4\text{Cl}/1,0 \text{ m}^2 \text{ KO}$ gegeben.

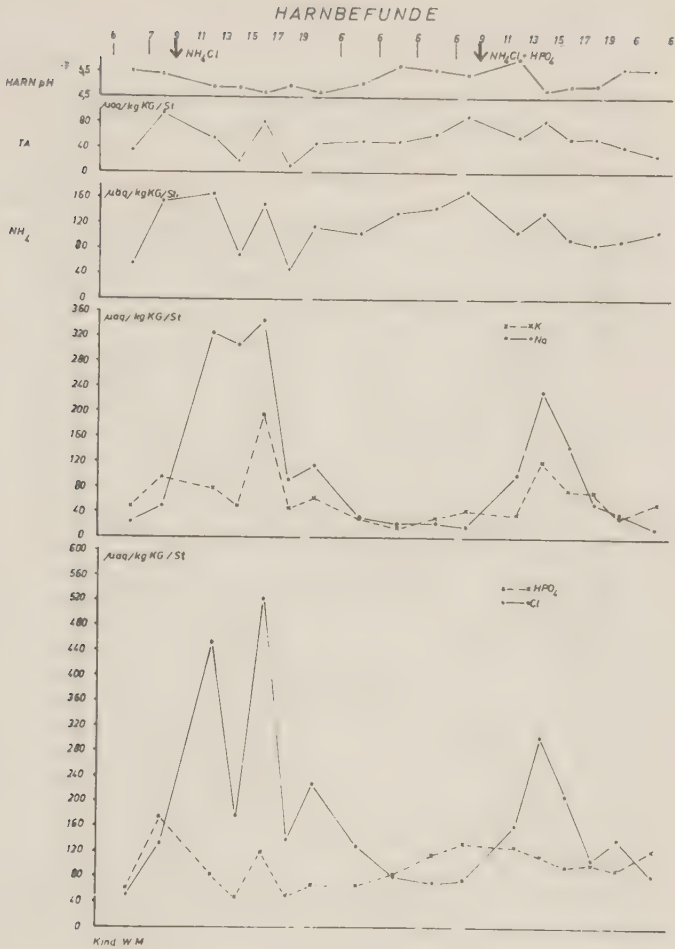


Abb. 16

Das Verhalten von pH, TA, der Kationen- und Anionenausscheidung im Harn bei dem Kind W.M. während Ernährung mit NAN. Die Werte beziehen sich auf Vor-, Belastungs- und Nachtage. Bei der ersten Belastung erhielt das Kind 112 mMol $\text{NH}_4\text{Cl}/1,0 \text{ m}^2 \text{ KO}$. Bei der zweiten Belastung wurden an 3 aufeinanderfolgenden Tagen eine neutrale Natrium-Phosphat-Lösung von 112 mÄq $\text{HPO}_4/1,0 \text{ m}^2 \text{ KO}$ und zusätzlich am Belastungstag 112 mMol $\text{NH}_4\text{Cl}/1,0 \text{ m}^2 \text{ KO}$ gegeben.

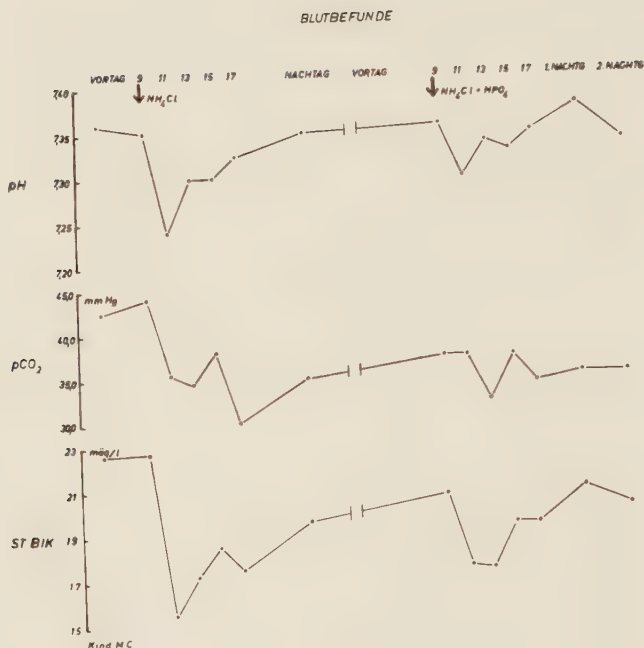


Abb. 17

Das Verhalten der pH, pCO₂ und Standard-Bicarbonat-Werte im Blut bei dem Kind M.C. während Ernährung mit NAN. Die Werte beziehen sich auf Vor-, Belastungs- und Nachtage. Bei der ersten Belastung erhielt das Kind 112 mMol $\text{NH}_4\text{Cl}/1,0 \text{ m}^2 \text{ KO}$. Bei der zweiten Belastung wurden an 3 aufeinanderfolgenden Tagen eine neutrale Natrium-Phosphat-Lösung von 112 mEq $\text{HPO}_4/1,0 \text{ m}^2 \text{ KO}$ und zusätzlich am Belastungstag 112 mMol $\text{NH}_4\text{Cl}/1,0 \text{ m}^2 \text{ KO}$ gegeben.

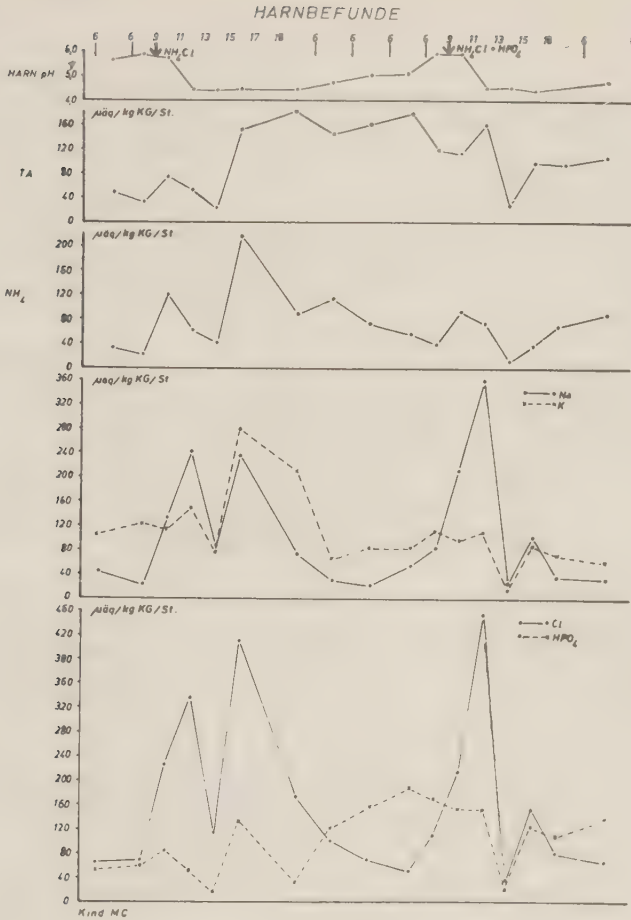


Abb. 18

Das Verhalten von pH, TA, der Kationen- und Anionenausscheidung im Harn bei dem Kind M.C. während Ernährung mit NAN. Die Werte beziehen sich auf Vor-, Belastungs- und Nachtage. Bei der ersten Belastung erhielt das Kind 112 mMol $\text{NH}_4\text{Cl}/1,0 \text{ m}^2 \text{ KO}$. Bei der zweiten Belastung wurden an 3 aufeinanderfolgenden Tagen eine neutrale Natrium-Phosphat-Lösung von 112 mEq $\text{HPO}_4/1,0 \text{ m}^2 \text{ KO}$ und zusätzlich am Belastungstag 112 mMol $\text{NH}_4\text{Cl}/1,0 \text{ m}^2 \text{ KO}$ gegeben.

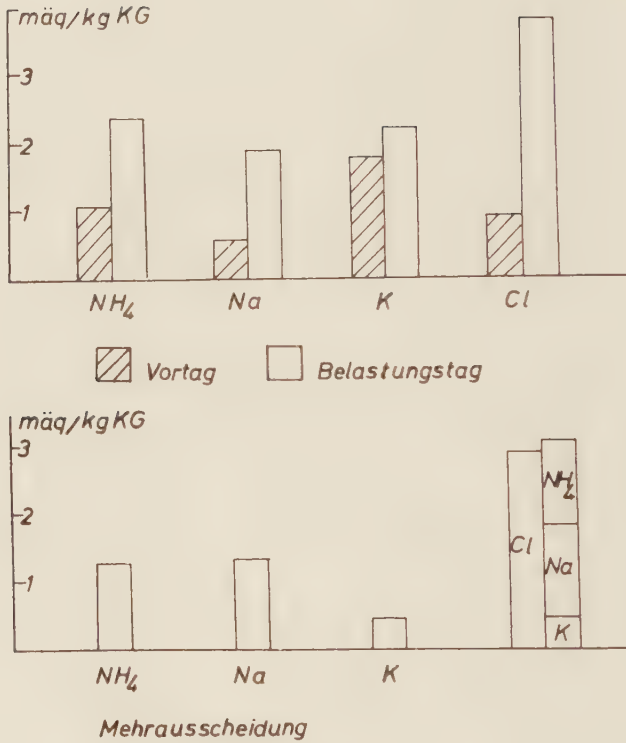


Abb. 19

Ausscheidung von NH_4 , Na, K und Cl bei 6 Säuglingen an den Vor- und Belastungstagen sowie die Mehrausscheidung an den Belastungstagen während Ernährung mit NAN.

L i t e r a t u r

- 1.) BANK, N. und W.B. SCHWARTZ:
The influence of anion penetrating ability on urinary acidification and the excretion of titrable acid.
J.Clin.Invest. 39, 1516-24 (1960)
- 2.) BAUERDICK, H.:
Das Verhalten der mehrwertigen Elektrolyte Ca und HPO_4 im Harn junger Säuglinge bei Belastung mit NH_4Cl sowie bei Zugabe einer neutralen Na-Phosphat-Lösung.
Dissertation, Bonn 1968.
- 3.) BERGSTROM, W.H.:
Total body water and normal electrolyte composition.
Ped.Clin.North Amer. 6, 6 (1959)
- 4.) BERGSTROM, W.H. u. W.M. WALLACE:
Bone as sodium and potassium reservoir.
J.Clin.Invest. 33, 867 (1954)
- 5.) BUCHANAN, E.U. u. G.M. KOMROWER:
The prognosis of idiopathic renal acidosis in infancy with observations on urine acidification and ammoniac production in children.
Arch.Dis.Childh. 33, 532-535 (1958)
- 6.) CLARK, E., B.M. EVANS, J.Mc INTYRE u. M.D. MILNE:
Acidosis in experimental electrolyte depletion
J.Clin.Sci. 14, 421 (1955)
- 7.) DENT, C.E. u. J.A. BLACK:
zit. nach LIEBMANN.
- 8.) DROESE, W. u. H. STOLLEY:
Die Wirkung von "Salzsäure-Milch" auf den Stoffwechsel gesunder Säuglinge im 1. Lebensvierteljahr.
Klin.Wschr. 42, 168-176 (1964)
- 9.) EDELMANN, C.M., H. BOICHIS, J. RODRIGUEZ-SORIANO u. H. STARK:
The renal response of children to acute ammonium chloride acidosis.
Pediat.Res. 1, 452 (1967)

- 10.) ELKINTON, J.R.:
The kidney and hydrogen ion metabolism.
Mod.Probl.Pädiat. 6, 99 (1960)
- 10a) ELKINTON, J.R., E.J. HUTH, G.D. WEBSTER u. R.A. McCANCE:
The renal excretion of hydrogen ions in renal tubular acidosis. I. Quantitative assessment of the response to ammonium chloride as an acid load.
Amer.J.Med. 29, 554-74 (1960)
- 11.) FANCONI, A., S. AURICIO, R. ILLIG u. A. PRADER:
Primäre Tubulopathien.
IV. Mechanismus der tubulären Azidose.
Helv paediat.Acta 16, 656-69 (1961)
- 12.) FANCONI, G. u. A. SUNDAL:
Affektionen des proximalen Tubulusabschnitts,
in: Lehrbuch der Pädiatrie von: G.Fanconi/A.Wallgren:
7. Aufl., S. 776, Schwabe, Basel/Stuttgart - 1953.
- 13.) FILLEY, G.F.:
Acid base regulation: Classical concepts and modern measurements.
Johns Hopk. Med. J. 120, 355-67 (1967)
- 14.) FÖLLING, A.:
On the mechanism of ammonium chloride acidosis.
Acta med.Scand. 71, 221 (1929)
- 15.) FOMON, S.J., D.M. HARRIS u. R.L. JENSEN:
Acidification of urine by infants fed human milk and whole cows milk.
Pediatrics 23, 113-20 (1959)
- 16.) GRAMBLE, J.L., K.D. BLACKFAN u. B. HAMILTON:
A study of the diuretic action of acid producing salts.
J.Clin.Invest. 1, 359 (1925)
- 17.) GORDON, H.H., H. McNAMARA u. H.R. BENJAMIN:
The response of young infants to ingestion of ammonium chloride.
Pediatrics 2, 290-302 (1948)

- 18.) GYÖRGY, O., F. KAPPES u. F. KRUSE:

Das Säure-Basen-Gleichgewicht im Blut mit besonderer Berücksichtigung des Kindesalters.
I. H-Ionenkonzentration und CO_2 -Gehalt.
Z.Kinderheilk. 41, 700 (1926)

- 19.) HATEMI, N. u. R.A. McCANCE:

Renal aspects of acid-base control in the newly-born.
III. Response to acidifying drugs.
Acta paediat. 50, 603-16 (1961)

- 20.) HUNGERLAND, H.:

Überwechselseitige Beziehungen der Wasserstoffionen-
konzentration und der neutralitäts-regulierenden
Faktoren des Harns.
Klin.Wschr. 27, 131-38 (1949)

- 21.) HUNGERLAND, H. u. R. SCHULZ:

Über die Ammonium- und Säure- (Titrationsacidität)
Ausscheidung mit dem Harn im Kindesalter.
Arch.Kinderheilk. 159, 88-103 (1959)

- 22.) HUTH, E.J., G.D. WEBSTER u. J.R. ELKINTON:

The renal excretion of hydrogen ions in renal tubular
acidosis. III. An attempt to detect latent cases in
a family; Comments on nosology, genetics and etiology
Amer.J.Med. 29, 586-98 (1960)

- 23.) LANGENDORF, H.:

Zur Physiologie des Säure-Basen-Haushaltes.
Z.Ernährungsw. - Suppl. 1, 1-13 (1961)

- 24.) LEMAN, J., E.J. LENNON, A.D. GOODMAN, J.R. LITZOW u.

A.S. RELMAN:

The net balance of acid in subjects given large loads
of acid or alkali.
J.Clin.Invest 44, 507-17 (1965)

- 25.) LEMAN, J., J.R. LITZOW u. E.J. LENNON:

Studies of the mechanism by which chronic metabolic
acidosis augments urinary calcium excretion in man.
J.Clin.Invest. 46, 1318-28 (1967)

- 26.) LENNON, E.J., J. LEMAN u. A.S. RELMAN:
The effect of phosphoproteins and acid balance in normal subjects.
J.Clin.Invest. 41, 637-45 (1962)
- 27.) LESTRADET, H., C.F.C. CORREA u. M. BROYER:
l' exploration de la fonction d'acidification du tubule renale par une épreuve courte utilisant une surcharge intraveineuse de chlorhydrate de L-arginine.
Rev. franc. Etud.clin.biol. 9, 895 (1964)
- 28.) LIEBMANN, P.T.:
Die Säurekurzbelastung als Nierenfunktionsprobe.
Normalwerte bei Kindern.
Diss. Zürich, 1960.
- 29.) MORRIS, R.C., Carolyn F. PIEL u. Evelyn AUDIOUN:
Renal tubular acidosis. Effects of sodium phosphate and sulfate on renal acidification in two patients with renal tubular acidosis.
Pediatrics 36, 899-904 (1965)
- 30.) OFTERINGER, K., M.v. RIMSCHA, W. HAGGE u. H. WEBER:
Untersuchungen über den Einfluß der Nahrung auf den Säure-Basenhaushalt junger Säuglinge.
I. Das Verhalten von pH, Standard-Bikarbonat und $p\text{CO}_2$ im Blut und der Säureausscheidung im Harn bei gesunden, reifgeborenen Säuglingen während Ernährung mit ungesäuerten und milchsäuregesäuerten Kuhmilchmischungen.
Mschr.Kinderheilk. 114, H.2. (1966)
- 31.) PEONIDES, A., B. LEVIN u. W.F. YOUNG:
The renal excretion of hydrogen ions in infants and children.
Arch.Dis.Childh. 40, 33-39 (1965)
- 32.) v. RIMSCHA, M.:
Die Reaktion junger Säuglinge auf Säurekurzbelastungen mit NH_4Cl unter besonderer Berücksichtigung von nahrungsbedingten Unterschieden der Standard-Bikarbonat-Werte im Blut.
Dissertation, Bonn 1968.
- 33.) POLLAK, V.E., H.MATTENHEIMER, H.DeBRUIN u. Karla J.WEINMAN:
Experimental metabolic acidosis: The enzymatic basis of ammonia production by dog kidney.
J.Clin.Invest. 44, 169-81 (1965)

- 34.) RUBIN, M.J., P.L. CALCAGNO u. B.L. RUBEN:
Renal excretion of hydrogen ions. A Defense against acidosis in premature infants.
Pediatrics 59, 848 (1961)
- 35.) SARTORIUS, O.W., J.C. ROEMMELT und R.F. PITTS:
The renal regulation of acid-base balance in man.
IV. The native of the renal compensation in ammonium chloride acidosis.
J.Clin.Invest. 28, 423-39 (1949)
- 36.) SCHWARTZ, W.B., R.L. JENSON u. A.S. RELMAN:
Acidification of urine and increased ammonium excretion without change in acid-base equilibrium::
Sodium reabsorption as a stimulus to acidifying process.
J.Clin.Invest. 34, 673-80 (1955)
- 37.) SCHWARTZ, W.B., K.J. OERNING u. R. PORTER:
The internal distribution of hydrogen ions with varying degrees of metabolic acidosis.
J.Clin.Invest. 36, 373-82 (1957)
- 38.) SIGGAARD ANDERSEN, O.:
The acid-base status of the blood.
2. Aufl., Kopenhagen: Munksgaards, 1964.
- 39.) SIGGAARD ANDERSEN, O.:
Acute experimental acid-base disturbances in dogs.
Scand.J.Clin.Invest. 14, Suppl. 66.1 (1962)
- 40.) WEBER, H.:
Über die Beziehung zwischen Phosphat- und Säureausscheidung im Harn bei gesunden und kranken Kindern.
Helv.Paed.Acta, 15, 186 (1960)
- 41.) WEBER, H., R. GAEDECKE, W. MARGET, K. OFFERINGER u. M.v. PETRIKOWSKY u. S. TOSBERG:
Über das Verhalten des Säure-Basen-Haushaltes bei Säuglingen während verschiedener Ernährungen - Untersuchungen bei Säure- und Alkali-Belastungen.
Vortrag: Kongress Dtsch.Ges.Kinderheilk., Norderney, 1965
M Schr. Kinderheilk.

- 42.) WEBSTER, G.D., E.J. HUTH, J.R. ELKINTON u. R.A. McCANCE:
The renal excretion of hydrogen ions in renal tubular
acidosis.
II. Quantitative response to carbonic anhydrase.
Amer.J.Med. 29, 576-85 (1960)
- 43.) WOOD, F.J.Y.:
Ammonium chloride acidosis.
Clin.Sci. 14, 81 (1955)
- 44.) WRING, O., u. H.E.F. DAVIES:
The excretion of acid in renal disease.
Quart. J.Med. N.S. 28, 259 (1959)

Herrn Professor Dr. H. Weber danke ich sehr für die Überlassung des Themas und Herrn Professor Dr. H. Hungerland für die Übernahme des Korreferats.

Ebenso sei an dieser Stelle Herrn Dr. K. Oftringer herzlich gedankt, der mir mit wertvollen Anregungen bei meiner Arbeit zur Seite stand.

L e b e n s l a u f

Als Sohn des Chemikers Dr. Rudolf Wortmann und seiner Ehefrau Paula geb. Graff wurde ich, Rolf-Detlev Wortmann, am 2. April 1940 in Bonn geboren.

Von 1946 bis 1950 besuchte ich die ev. Volksschule in Oberkassel/Siegbkreis und trat anschließend in die Sexta des mathematisch-naturwissenschaftlichen Ernst-Moritz-Arndt-Gymnasiums in Bonn ein. Dort legte ich am 2. März 1959 die Reifeprüfung ab. Danach studierte ich an der Technischen Hochschule Aachen und der Universität Bonn Chemie. Zum Sommersemester 1963 wechselte ich zur Medizinischen Fakultät Bonn über.

Am 29. Oktober 1963 bestand ich in Bonn die naturwissenschaftliche Vorprüfung, am 28. April 1965 die ärztliche Vorprüfung und am 10. Juli 1968 das Staatsexamen.

Meine Famulaturzeit leistete ich auf den Infektionsabteilungen der Universitätskinderklinik Bonn ab, wo ich auf der Inneren Abteilung die ersten 3 Monate meiner Medizinalassistentenzeit absolvierte.

Seit dem 10. März 1967 bin ich mit der Realschullehrerin Gabriele Wortmann, geb. Haarhaus, verheiratet.

